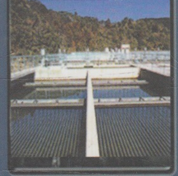
المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف







أحمد السروي



الدار العالمية
للنشر والتوزيع

الدار العالمية

المعالجة الفيزيائية والكيميائية
لمياه الصرف

المعالجة الفيزيائية والكيميائية

لمياه الصرف

إعداد

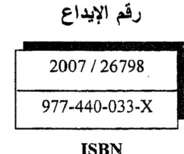
أحمد السروي

٢٠٠٨



الطبعة الأولى
٢٠٠٨م

رقم الإيداع



2007 / 26798

977-440-033-X

ISBN

السروي ، أحمد .

المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف / أحمد السروي - ط١ - الجيزة . الدار العالمية للنشر والتوزيع ، ٢٠٠٨

٥٦٠ص، ٢٤سم .

تدمك : X- ٩٧٧-٤٤٠-٠٣٣

الدار العالمية للنشر والتوزيع
١١١ شارع الملك فيصل – الهرم
ت : ٣٧٤٤٦٤٣٨ –٣ ٣٧٤٤٦٣٢٤ ف : ٣٧٧١٩٨٩٩- ٢٠٢
ص. ب : ٢٦٢ الهرم – ج.م.ع E-MAIL : daralaalmiya@hotmail.com
dar_alalamiya@yahoo.com

وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْماً

رَبَّنَا تَقَبَّلْ مِنَّا إِنَّكَ أَنْتَ السَّمِيعُ الْعَلِيمُ

"اللهم اجعل عملي هذا خالصا لوجهك الكريم"

إهـــــداء

إلي أبي وأمي الذين كانا سببا في وجودي

،وببركة دعاؤهما ينير الله لي طريقي .

إلي كل محب للعلم مشتغل به من اجل راحة الإنسان وتطوره.

اهدي هذا الكتاب

مقـــــدمة

الماء ... معجزة من معجزات الخالق، أودع فيها أســـراره فصــــار ذا خصــــائص فريدة،احتار في فهمها العلماء فعكف كثيرا منهم علي دراستها وتحليلها.

(وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ)(سورة الأنبياء: الآية٣٠)

والأنسان يعتمد على الماء في حياته كلها، في مشــربه، ومطعمه،ونظافتــه، وري زرعه، وإستصلاح أراضيه، وإدارة وتشغيل مصانعه، وتوليد الطاقــة. وتــزداد حاجة الأنسان إلى الماء كل يوم، فكل عام يزداد التعداد، وتزداد معه الحاجة للماء.

الماء حقيقة في الوجود وسر من أسرار الحياة ، هذه الحقيقة تشهد بعظمة الخــالق سبحانه وتعالي ،ولعل أبرز هذه الحقائق وضوحا تدور في فلك علمه (الماء) التي وردت في قرآننا الكريم ثلاثة وستين مرة وكل مرة تحمل إعجازاً مختلفاً لا شـــابه مثيله ، فالماء سر الحياة وإكسيرها الدائم وبدونها تجف الطبيعة وتتشق أرضـــها أو يموت ما على الأرض من كائنات ووجودها هو دليل نماء وازدهار ، حتـــى الآن الأمم في زماننا لا تتباهى بعلوم اكتسبتها قدر تباهيها بمياه أحاطت أرضها من أي جانب كان. ولهذا تعد المياه اهم المصادر الطبيعية علي سطح الارض، ولان الكرة الارضية ذات موارد محدودة تتعرض لاستنزاف يوما بعد يوم ولان الماء من اهم الموارد علي سطح الارض لارتباط حيــاه الانســـان بوجـــوده ونقائـــه ، والميـــاه باستعمالها الخاطيء الغير مدروس يمكن ان تتحول الي مصدر من مصادر التلوث والافساد البيئي ، ولذا يجب التحكم في المياه ان امكن لمنع تلوث البيئة والاســـتفادة من الماء كنعمة كبري موجودة علي الارض. ومن اهم سبل الحفاظ علـــي البيئـــة المائية وحمايتها من التلوث هي معالجة المياه الملوثة بكافة صـــورها واشـــكالها . وتعد مياه الصرف الصحي احد انواع المياه الملوثة الناتجة عن انشـــطة الانســـان المختلفة واستعمالاته المتعددة للماء في كثير مـــن الاغـــراض . اذا تحمـــل ميـــاه الصرف الكثير من الملوثات المتخلفة عن النشاطات الانسانية والتي يجد الانســـان

يـتخلص منها من خلال شبكات مياه الصرف كوسيلة سهلة وسريعة للتخلص من الفضلات . وهذه الملوثات الموجودة في مياه الصرف لابد من التعامل معها بحرص من أجل سلامة البيئة وصحة الانسان وسلامة الكائنات الموجودة معه في بيئته .

ومياه الصرف مرتبطة ارتباطا وثيقا بتلوث المياه والتربة ، ولهذا فانه من الضروري والحتمي معالجة مخلفات مياه الصرف والمخلفات السائلة عموما معالجة متكاملة ، حتي لا تصل تلك المخلفات الي مصادر المياه سواء استخدمت هذه المياه في أغراض منزلية أو ترفيهية أو في الزراعة .

ويجب ان تكون عملية معالجة وتنقية مياه الصرف والتخلص من المياه المعالجة والأستفادة منها عملية منظمة تراعي فيها جميع الظروف البيئية والاجتماعية والانسانية .

ومن كل ما سبق يتضح ان معالجة مياه الصرف معالجة جيدة وفعالة هي من اهم وسائل وطرق حماية البيئة المائية والارضية من التلوث اذ توفر المعالجة العلمية الصحيحة التخلص الامن والصحيح لهذه المياه واعادة تدويرها بامان داخل المنظومة البيئية وتحقق سلامة الانسان والحفاظ علي بيئته وصحته.

ومن هذا المنطلق جاء موضوع هذا الكتاب الذي يتناول عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف باسلوب علمي شارحا لكثير من نظم المعالجة الحديثة لمياه الصرف والرواسب الصلبة (الحمأة) الناتجة عن عمليات المعالجة ، ووسائل التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف ، ومبينا إدارة مياه الصرف المعالجة والمجالات المختلفة لاستخدام مياه الصرف المعالجة والاستفادة منها.

بالاضافة الي تناول موضوع هام وهو قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

وكان تناولنا لهذا الكتاب تناولا علميا مبسطا دون الاخلال بالمادة العلمية مع ذكر كثير من التطبيقات والامثلة العملية والمسائل مما ييسر علي القارئ سبل الالمام باهم نظريات واسس معالجة مياه الصرف والتحكم في تشغيل محطات المعالجة . وبما يعود بالفائدة علي جميع العاملين في هذا المجال من المهندسين والباحثين والفنيين .

واني ارجو من الله عزوجل ان يجد طلاب الهندسة والعلوم بالجامعات العربية في هذا الكتاب ما يفيدهم ويعينهم في دراساتهم العلمية والعملية وان يجدوا فيه تيسيرا في الاستيعاب والتحصيل دون اجهاد .

والي زملائي الكيمائيين والمهندسين والفنيين العاملين في مجالات معالجة المياه راجيا ان يجدوا في هذا الكتاب برغم تواضع محتواه ما يمكنهم لمزيد من الجهد والاجتهاد لرفع مستوي مشاريع معالجة المياه في مصر والعالم العربي .

كما ارجو الله سبحانه وتعالي ان يكون كتابي **هذا** اسهاما متواضعا في نشر الاهتمام بالعلم في بلادنا ، حيث ان المكتبة العربية بحاجة ماسة الي كتاب عربي علمي يجذب القارئ للاستزادة والتوسع في العلوم الاساسية والهندسية ، وان يكون حافزا لمزيد من اصدار ونشر كثير من الكتب العلمية والتراجم باللغة العربية اسهاما منا في نشر الثقافة العلمية في بلادنا التي هي في امس الحاجة للتقدم العلمي والتقني.

وقد تم اعداد الكتاب في ثمانية ابواب :-

الباب الاول مياه الصرف الصحي

الباب الثاني عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

الباب الثالث عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

الباب الرابع المعالجة الفيزيائية والكيميائية للرواسب الصلبة (الحمأة)

الباب الخامس تطبيقات عمليّات المعالجة

الباب السادس إدارة مياه الصرف المعالجة

الباب السابع التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

الباب الثامن قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي

ثم قاموس المصطلحات العلمية والملاحق المراجع العربية والاجنبية.

الباب الاول

وهو خاص عن مياه الصرف ، مستعرضا دورة الماء علي سطح الارض والدورة الأصناعية ودورة استهلاك الماء ثم مبينا مصادر المخلفات السائلة المختلفة وأنظمة الصرف الصحي المختلفة وشارحا بالتفصيل مكونات المخلفات السائلة والخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف بالاضافة الي خيارات التخلص من مياه الصرف والاثار البيئية لصرف مياه الصرف الغير معالجة.

الباب الثاني

وهو يتناول بالشرح والتفصيل عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف مثل عمليات التصفية والطحن والتفتيت ومعادلة التدفق وتجانس مياه الصرف وحجز الرمال والحصي والترسيب بالجاذبية الابتدائي والثانوي والترشيح مع ذكر انواع المرشحات الرملية والمرشحات ذات الوسط الحبيبي وعملية التعويم وأنواعها وتقنية المعالجة الثلاثية المتقدمة مثل تقنية التناضح العكسي بالاضافة الي ألانظمة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف.

ويذكر الباب كثير من العوامل المؤثرة علي بعض العمليات الفيزيائية لمعالجة مياه الصرف كالعوامل المؤثرة علي الترسيب بالجاذبية ومميزات وأقتصاديات بعض انظمة المعالجة .

الباب الثالث

وهو يتناول بالشرح عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف مثل عمليات الترسيب الكيميائي وإزالة كل من الفسفور والعناصر الثقيلة بالطرق الكيميائية كالترسيب الكيميائي ، وشرح عمليات اخري كالامتزاز بالكربون المنشط وتطبيقاته

في مياه الصرف، وعمليات التطهير بالمواد الكيميائيــة مثــل التطهيــر بــالكلور وعمليات نزع الكلور.

الباب الرابع

يتحدث عن المعالجة الفيزيائية والكيميائية للرواسب الصلبة(الحمأة) الناتجــة عــن معالجة وتنقية مياه الصرف مثل العمليات التمهيدية لتجهيز الحمأة للمعالجة والتثبيت و العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة الحمأة والتي تشمل عمليات تكثيف وتكييف وتثبيت وتجفيف وتطهير الحمأة بالاضافة الي طرق التخلص من الحمأة واســاليب استخدامها.

الباب الخامس

وهو يتناول تطبيقات عمليّات معالجة مياه الصرف وهذه التطبيقات تشمل المعالجة التقليدية كالمعالجة التمهيدية والابتدائية والثانوية والثلاثية لمياه الصرف والطــرق الغير تقليدية كالمعالجة اللامركزية لمياه الصرف وطرق معالجة الحمأة مع اعطاء مثال تطبيقي عملي لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف. وهذا بالاضافة الي ذكــر مميزات وعيوب بعض طرق المعالجة.

الباب السادس

وهو يتناول بالشرح مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة مثل استخدام الميــاه المعالجة في الري والزراعة واستصلاح الاراضي الجديدة والانشــطة الترفيهيــة وأستخدامها في تغذية طبقات المياه الجوفية والاستخدامات الصناعية كمصدر مــن مصادر مياه الشرب . وتطرق الباب الي معالجة واعادة استخدام المياه الرماديــة ومميزاتها ومحاذير استخدامها والاتجاهات والاهتمامات الجديدة لاعــادة أســتخدام مياه الصرف.

الباب السابع

وهو خاص بشرح طرق التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف ودور كل من المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة و الاختبارت المعملية وكيفية تحديد كفاءة وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية عن طريق النتائج المعملية بالاضافة الي أجهزة التحكم المستخدمة في منشآت معالجة مياه الصرف.

الباب الثامن

هذا الباب يتناول موضوع هام وهو قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي حيث يوضح المخاطر المحتملة في محطات مياه الصرف الصحي مثل المخاطر البيولوجية ومخاطر المواد الكيميائية ومخاطر الخزانات ومخاطر بعض الغازات السامة كبريتيد الهيدروجين وغاز الكلور ومخاطر الكهرباء.هذا بالاضافة الي ذكر كثير من طرق الوقاية لهذه المخاطر والأقلال من اثارها .

وفي النهاية قاموس للمصطلحات العلمية التي وردت بهذا الكتاب ثم المراجع العربية والاجنبية .

وارجو من الله سبحانه وتعالي ان اكون وفقت في تناول موضوعات هذا الكتاب وان يكون هذا الكتاب نافعا للناس ومحفزا لهم لمزيد من البحث والدراسة في مجال علوم معالجة المياه والصرف .

ما وفقت فيه فمن الله العليم الخبير و ما أخطئت فيه فمن تقصير نفسي ومن قلة علمي

اللهم علمنا ما ينفعنا و انفعنا بما علمتنا و زدنا علما.

المؤلف

مسرد المصطلحات

activated carbon	فحم منشط
adsorption	امتزاز
aeration tank	حوض تهوية
aerobic digestion	هضم هوائي
anaerobic digestion	هضم لاهوائي
analysis	التحليل
anoxic processes	عمليّات بنقص الأكسجين (اللاكسجينية)
algae	الطحالب
attached-growth systems	عمليّات بيولوجية تكون الكائنات الدقيقة فيها مثبّتة على سطح
bacteria	بكتريا
belt filter press	مكبس ترشيح حزامي
biochemical oxygen demand BOD	الاكسجين الحيوي المستهلك
biological growth	نمو بيولوجي
biological aerobic treatment	المعالجة البيولوجية الهوائية
biological anaerobic treatment	المعالجة البيولوجية اللاهوائية
biological Facultative processes	عمليات المعالجة البيولوجية الاختيارية
centrifugation	الطرد المركزي
chemical oxygen demand COD	الأكسجين الكيميائي المستهلك
Chemical sedimentation	الترسيب الكيميائي
chemical treatment processes	عمليات المعالجة الكيميائية
Chlorination	التطهير بالكلور(الكلورة)
coagulation	الترويب
coliforms	بكتيريا الكوليفورم البكتريا القولونية
Dechlorination	نزع الكلور
dewatering	نزع الماء من الحمأة
denitrification	عكس النترتة
digestion	هضم
digesters	هاضمات لاهوائية
disinfection	التطهير

dissolved air floatation	الطفو بالهواء المذاب
drying beds	احواض تجفيف
dry solids	المواد الصلبة الجافة
effluent	مياه المخرج
equalization	معادلة التدفق
fecal coliforms	بكتيريا كوليفورم غائطية
filamentous microorganisms	كائنات خيطية
filamentous bacteria	بكتريا خيطية
final clarifier	مروق نهائي
filtration	الترشيح
fixed-film reactors	مفاعلات ذات غشاء ثابت
floating	الطفو
flow	الدفق (التدفق)
foam	رغوة
Grinding	الطحن
grit chamber	حجرة حجز حصي
laboratory	المعمل (المختبر)
mixed liquor	السائل المخلوط
mixed liquor suspended solids	المواد العالقة للسائل المخلوط
mixed liquor volatile suspended solids	المواد العالقة المتطايرة للسائل المخلوط
neutralization	التعادل
nitrates	نترات
nitrification	نترتة
oil and grease	الزيوت والدهون
operation	التشغيل
overflow	فيض
physical Treatment Processes	عمليات المعالجة الفيزيائية
pH	الرقم الهيدروجيني
pond processes	عمليّات البرك
primary sedimentation tank	حوض ترسيب ابتدائي

protozoa	كائنات اولية وحيدة الخلية
quality control	ضبط الجودة
quality assurance	توكيد الجودة
return sludge	الحمأة العائدة
reuse	اعادة استعمال
reverse osmosis	التناضح العكسي
sampling	عملية جمع العينات
Sand and grit removal	ازالة الرمال والحصي
secondary wastewater treatment	المعالجة الثانوية لمياه الصرف
sedimentation	ترسيب
Sewerage	شبكة تجميع الصرف الصحي
sludge	الحمأة (الرواسب الصلبة)
sludge blanket	غطاء الحمأة
sludge bulking	تضخم حجمي للحمأة
sludge Processing	معالجة الحمأة
stabilization pond	بركة تثبيت
straining, screening	تصفية
Sterilization	التعقيم
surface aeration	تهوية سطحية
supervisory Control and Data Acquisition SCADA	التحكم الإشرافي على البيانات المعطاة
suspended-growth systems	عمليّات بيولوجية تكون فيها الكائنات الدقيقة الصغريّة معلّقة في السائل
thickening	تكثيف
total dry solids	المواد الصلبة الكلية
total suspended solids	المواد العالقة
total nitrogen	النتروجين الكلي
total phosphorous	الفسفور الكلي
treated water	مياه معالجة
trickling filter	مرشح بيولوجي
wastewater	مياه صرف (مخلفات سائلة)
wasted sludge	الحمأة المنصرفة (الزائدة)

الباب الأول
مياه الصرف الصحي

تمهيد

١- ١ .دورة الماء على سطح الأرض

١-١-١. الدورة الاصطناعية للمياه

١-١-٢. دورة استهلاك الماء

١-٢.مصادر المخلفات السائلة

١-٢-١. معدل صرف وتدفق مياه الصرف الصحي من المصادر المختلفة

١-٣.أنظمة الصرف الصحي المختلفة

١-٤. الدراسات اللازمة لإنشاء شبكة الصرف الصحي

١-٤-١. تصميم شبكة المجاري

١-٥. مكونات المخلفات السائلة

١-٥-١. الفضلات البشرية ومياه الصرف

١-٦. الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف

١-٧. الملوثات في مياه الصرف

١-٨. خيارات التخلص من مياه الصرف الصحي

١-٨-١. الآثار البيئية لصرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة

١-٩. طرق وعمليات معالجة مياه الصرف

الباب الاول

خصائص مياه الصرف الصحي

تمهيد

أدى التطور الذي شهدته معظم دول العالم وزيادة عدد السكان وأرتفاع مستوى المعيشة إلى أرتفاع ملحوظ في الطلب على المياه ورغم أن بعض الدول لاتعاني من هذه المشكلة بسبب تنوع مصادر المياه التقليدية فيها ووجود هذه المياه بكميات تفي بالطلب إلا أن توزيع المياه الصالحة للأستعمال على سطح الكرةالأرضية ليس متساوياً . وقد أدى ذلك إلى أختلال التوازن بين الكميات المتوفرة من المياه والطلب الفعلي عليها ، الأمر الذي أدى إلى التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق . وتعد إعادة أستعمال مياه الصرف الصحي المعالجة من طرق أستغلال المياه التي تلاقي قبولاً ملحوظاً في الاونة الاخيرة .

إن الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي هو إسراع العمليات الطبيعية التي تحدث لتلك المياه تحت ظروف محكمة وبحجم صغير .

ومن الأسباب الهامة لتطوير طرق معالجة تلك المياه تأثيرها على الصحة العامة والبيئة حيث كانت المعالجة تنحصر في ازالة المواد العالقة والطافية والتخلص من المواد العضوية المتحللة وبعض الأحياء الدقيقة المسببة للأمراض .ونتيجة لتقدم العلم في مجال الكيمياء والكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الدقيقة وزيادة المعرفة بتأثير الملوثات على البيئة سواء على المدى القريب أو البعيد إضافة إلى التقدم الصناعي وإنتاج مواد جديدة جعل من الضروري تطوير طرق معالجه لتلك المياه تكون قادرة على إزالة معظم الملوثات التي لم يكن من السهل إزالتها بالطرق المستعملة قديما.

والنقاط التالية تبين ملخص لمعظم أسباب معالجة المخلفات السائلة :-

١. التخلص وإزالة كلا من المواد العالقة والمواد الطافية.

٢. تحويل المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا الي مواد بسيطة.

٣. التخلص من المواد والكائنات المسببة للأمراض.

٤. ازالة المغذيات النباتية كالنتروجين والفسفور.

٥. ازالة المواد السامة مثل التي تنتج من صناعة المركبات العضوية كالعناصر الثقيلة.

٦. المحافظة علي المصادر الطبيعية للمياة (السطحية والجوفية).

٧. ازدياد الاهتمام بالمحافظة علي البيئة وازدياد الوعي البيئي.

٨. الحاجة الشديدة لكل قطرة ماء للزيادة الرهيبة في النمو السكاني.

وهناك كثير من العوامل الهامة التي توثر علي كيفية ازالة الملوثات من مياه الصرف الصحي ومنها :

أ- وفرة أو ندرة مصادر المياة داخل البيئة المحلية.

ب- وجود خزان جوفي للمياة.

ت- درجة ونوعية الملوثات الموجودة داخل مياة الصرف الصحي.

ج- طبيعة أستخدام المياه المعالجة سواء في القاءها في المسطحات المائية أو الري.

د- البعد الأقتصادي.

ر- الاثار البيئية.

١-١ .دورة الماء على سطح الأرض

إن دورة الماء تصف وجود وحركة المياه على الأرض وداخلها وفوقها. وتتحرك مياه الأرض دائما وتتغير أشكالها بإستمرار، من سائل إلى بخار، ثم إلى جليد، ومرة أخرى إلى سائل. لقد ظلت دورة الماء تعمل مليارات السنين، وتعتمد

عليها كل الكائنات الحية التي تعيش على الأرض حيث من دونها تصبح الأرض مكاناً طارداً تتعذر فيه الحياة.

قال تعالى :

(وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّاهُ فِي الأرض وَإِنَّا عَلَى ذَهَابٍ بِهِ لَقَادِرُونَ)

(سورة المؤمنون الآية ١٨)

يتميز الماء الموجود فوق الأرض، بالحركة الدائمة والدوران المستمر. فماء المحيطات والبحار يصعد إلى الهواء، عن طريق عملية التبخر حيث يُكوّن السحاب، الذي تدفعه الرياح إلى مناطق الأرض المختلفة، ثم يتكثف ويهطل أمطاراً على الأرض، ومنها يرجع إلى المحيطات مرة أخرى.

وتبلغ كمية المياه المتبخرة من الأرض، بفعل حرارة الشمس لتكّون السحاب، حوالى ٥٠٠ ألف كيلو متر مكعب. ومعظم هذا السحاب المتكوّن، ينشأ من المحيطات عن طريق عملية البخر .كما أن هناك كمية قليلة من السحاب، الذي يتكّون من خلال عملية البخر من الرطوبة، الموجودة في سطح التربة وعملية النتح من أوراق النبات، حيث تعرف هاتان العمليتان معاً باسم "البخر ـ النتح.

ثم يتكثف هذا السحاب، ليسقط أمطاراً على الأرض. وتسقط معظم هذه الأمطار، مرة أخرى، في المحيطات و البحار، ويتبقى جزء قليل يسقط على اليابس. وبمقارنة كمية ماء الأمطار المتساقطة على اليابس، بالماء الذي تبخر منها عن طريق البخر والنتح، تعد كمية الأمطار أكثر بكثير من تلك التي تصاعدت من اليابسة. إلاّ أن هذه الزيادة ترجع مرة أخرى إلى المحيطات والبحار، عن طريق ظاهرة الجريان السطحي لمياه الأمطار، من خلال المياه الجوفية والأنهار الجارية . ثم تبدأ دورة جديدة للمياه من المحيطات، إلى الهواء، إلى الأرض، ثم إلى المحيط. وهذه الدورة الدائمة لمياه الأرض، تُسمى دورة الماء(Water Cycle) ، أو (Hydrologic Cycle).

وحسب الموازنة المائية فأنه لا يوجد اي فقدان للمياه في الميزان المائي ويعبر عن ذلك المعادلتين التاليتين :

١ .معادلة البحار والمحيطات

المعدل السنوي للمياه المتبخرة = المعدل السنوي للمياه الساقطة في البحار والمحيطات+ المعدل السنوي لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات.

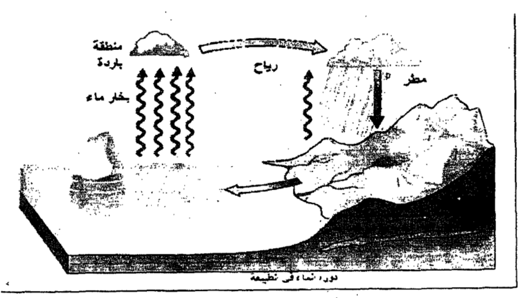
أي أن معدل التبخر = معدل السقوط = معدل الصبيب

٢. معادلة اليابسة

الكمية الوسطي المتبخرة = الكمية الوسطي للتساقط علي اليابسة + الكمية الوسطي لصبيب الأنهار في البحار والمحيطات

اي ان الكمية المتبخرة = الكمية المتساقطة + كمية الصبيب

ونتيجة لهذه الدورة، فإن كمية الماء العذب الموجود على سطح الأرض، هي الكمية نفسها منذ قديم الأزل،وهي الكمية نفسها، التي سوف تظل فوق سطح الأرض. وهذه الكمية يعاد استخدامها مرة بعد مرة.



شكل ١-١ دورة الماء على الارض

١-١-١. الدورة الاصطناعية للمياه

علي التوازي مع الدورة الطبيعية للمياه هناك ما يسمي الدورة الاصطناعية للمياه تبدأ بتدخل الانسان من مكان أخذ المياه (المصدر الطبيعي) لاستخدامه في عدة مجالات لينتهي برميه مرة اخري في المصب الطبيعي .

والشكل التالي يبين مختلف المهام والوظائف التي تمر بها دورة المياه ابتداء من مكان تواجده الي مكان رميه .

يمكن تلخيص مراحل الدورة الاصطناعية للمياه كما يلي:-

١- استخراج وجر(نقل) المياه :

تتم عملية رصد وجمع المياه سواء كانت مياه جوفية(كالابار والينابيع) أو مياه سطحية(كالأنهار والبحيرات والبحار والمحيطات) أو مياه استثنائية كمياه الهطول مباشرة .

٢- معالجة وتنقية المياه:

وتتم هذه العملية تقريبا يوميا بغرض الحصول علي مياه نقية صحية صالحة للشرب أولاي استعمال . تتم عملية المعالجة تبعا لنوعية المياه (مياه المصدر) وحسب الغرض المخصصة له (فمثلا مياه التبريد أقل في النقاوة من مياه الشرب ، ومياه صناعة الادوية ذات مواصفات خاصة جدا) .

١-تحويل المياه :

هذ العملية عبارة عن نقل المياه من مكان المصدر الي مكان الأستهلاك ، ويمكن ان ترتب هذه المرحلة قبل المرحلة السابقة اذا كانت نوعية ومواصفات المياه تسمح بذلك.

٢-التخزين :

يقصد بالتخزين هو تجميع المياه في خزان لضمان تجانس كبير للتدفق المعالج من جهة ومن جهة اخري ضمان استمرار تدفق المياه في حالة حدوث عطب او

عطل في المراحل السابقة . ومن الضروري ان يكون منشأت التخزين قريبة من المستهلك.

التوزيع :

يتمثل التوزيع عملية تزويد المستهلكين بالكميات المطلوبة من الماء وبالضغط المناسب اللازم في اي وقت ،وهذا يتطلب وضع شبكة من المواسير ذات اقطار مدروسة لاكبر تدفق ممكن ان يمر بأي نقطة من نقاط الشبكة .

٣-شبكة المجاري :

بعد الاستهلاك فان المياه المستعملة تسمي مياه صرف أو مياه عادمة وهي تصرف في شبكة ، وتصمم هذه الشبكة بحيث تستوعب اي تدفق(من مياه الأمطار ومياه المستعملة).

٤-جمع مياه الأمطار الساقطة

بالتوازي مع المرحلة السابقة فان مياه الأمطار الساقطة تجمع وتصرف الي مصاب طبيعية او يكون لها شبكة تجميع وصرف خاصة (وتسمي هذه الشبكة شبكة صرف منفصلة) أو تجمع وتصرف مع مياه المجاري في شبكة واحدة (وهذه تسمي شبكة صرف مجمعة مشتركة).

٥-التصفية

نظريا يجب معالجة المياه المستعملة معالجة تمهيدية بالتصفية قبل رميها في المصب الطبيعي وذلك لتفادي اي تلوث للمصادر الطبيعية .

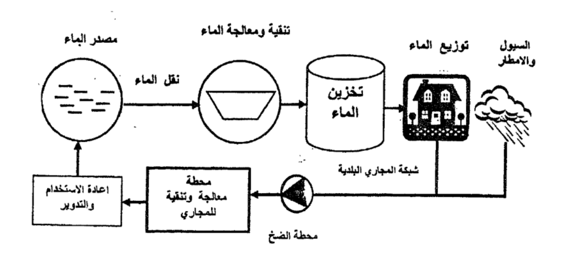
٦-المصب

عادة يتم رمي المياه بعد تصفيتها في الوسط الطبيعي ، ويمكن رمي مياه الأمطار اذا كانت بكميات كبيرة الي المصب مباشرة بدون تصفية او معالجة اولية اذا كانت لا تشكل تلوثا للمصب الطبيعي .

٧- الضخ

بسبب اختلاف مستويات مراحل المسار الاصطناعي للمياه يتم استخدام اليات الضخ من اجل رفع المياه من مناسيب منخفضة طبيعية الي مناسيب أعلي. في أغلب الحالات نجد المضخات بالقرب من مراحل المعالجة وتخزين المياه وبعض شبكات المجاري .

والشكل التالي يبين الدورة الاصطناعية للماء.

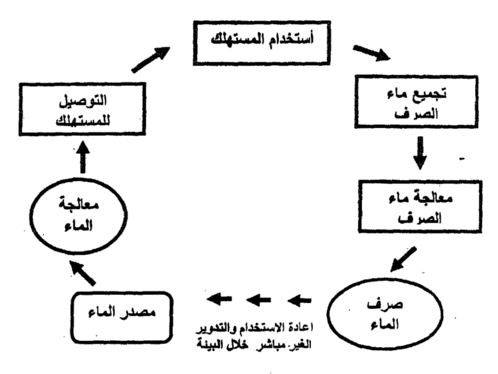


شكل ١-٢ الدورة الاصطناعية للمياه

١-١-٢. دورة استهلاك الماء

ان عملية أستهلاك الماء في الأغراض المختلفة تبدا من استغلال مصدر الماء كمورد وتنتهي بعودة الماء مرة اخري بعد استخدامه واستهلاكه الي المصب الرئيسي الذي استخدم كمصدر للماء ولهذا فان دورة استهلاك الماء تعد جزءا من الدورة الاصطناعية للماء ، وتشمل دورة استهلاك الماء دخول عمليات تجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي داخل محطات المعالجة وصرف الماء المعالج وإعادة استخدامه في الأغراض والأستخدامات المختلفة.

والشكل التالي يبين دورة استهلاك الماء والتي من عناصرها تجميع ومعالجة وصرف وإعادة استخدام مياه الصرف



شكل ١-٣ دورة استهلاك

١-٢ .مصادر المخلفات السائلة

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من عدة مصادر ، وتعتمد الكميات التي يتم جمعها من تلك المصادر على المصدر ونوعية نظام التجميع المستعمل فيها . ومن مصادر تلك المياه ما يلي :

أ - المخلفات السائلة المنزلية وتشمل مياه الأستعمالات المنزلية والتجارية كالوحدات السكنية والفنادق والمطاعم والمدارس وتسمي أحيانا بمياه المجاري.

ب - المخلفات الصناعية وهي الناتجة عن عمليات التصنيع المختلفة .

ج - مياه الامطار التي يتم تجميعها من سقوط المطر وذلك في حالة دمج شبكة المجاري بشبكة تصريف السيول والأمطار وفي حالات التلوث البيئي

الشديدة قد تحتوي مياة الامطار علي ملوثات صناعية وايضا نواتج غسل الأسطح والشوارع .

د- المياه المتسربة من عدة مصادر كمياه الرشح التي يمكن أن تصل لخطوط الصرف من خلال الوصلات أو مسام خطوط الصرف في حالة أرتفاع منسوب المياه الجوفية .

و - القمامة فقد تتسرب بعض القمامة الي بالوعات المجاري وذلك خصوصا عند تركيب مفارم الطعام وكسارات القمامة بأحواض المطبخ.

١-٢-١. معدل صرف وتدفق مياه الصرف الصحي من المصادر المختلفة

بالنسبة لمياه الصرف البلدية والمعروفة بمياه المجاري فان معدل صرف وتولد مياه الصرف يختلف من مكان الي اخر ومن دولة الي اخري فالدول الصناعية اكثر في استهلاكها للمياه من الدول النامية وبالتالي يتولد عنها كميات اكبر من مياه الصرف، وايضا يختلف الصرف من مكان الي اخر داخل الدولة نفسها فالريف اقل استهلاكا للماء من المدن وداخل المدينة الواحدة حسب المستوي المعيشي ودرجة الرفاهية.

والجدول التالي يبين معدل تولد وصرف مياه المجاري البلدية.

جدول ١-١

تولد وصرف مياه المجاري البلدية من المصادر المختلفة

مصدر التولد	الوحدة	التدفق (لتر/ وحدة / يوم)
المصادر المحلية البلدية		
منزل أو شقة عالية المستوي	شخص	٢٥٠
منزل او شقة منخفضة المستوي	شخص	١٩٠
منزل تقليدي	شخص	٢٦٥
منزل جديد	شخص	٣٠٥
منزل ذو رفاهية	شخص	٣٦٠
منزل قديم	شخص	١٧٠
كوخ صيفي	شخص	١٥٥
المصادر التجارية		
المطار	مسافر	٤٥
مخزن تجاري كبير	عميل – مستهلك	١٩٠٠
فندق	نزيل	١٨٢
مغسلة	ماكينة غسيل	٢١٠٠
المكاتب	موظف	٥٠
مطعم	وجبة	١٢
مركز تسوق	موظف	٣٨
المنشآت الحكومية		
مستشفي طبي	سرير	٦٢٥
مستشفي نفسي	سرير	٣٨٠
السجن	نزيل	٤٣٥
نزل تستراحة	مضيف	٣٢٢
المدارس		
مدارس بها كافيتريا وادشاش وجيم .	طالب	٩٥
مدارس بها كافيتريا فقط .	طالب	٥٨
مدارس ليس بها كافيترياأو جيم	طالب	٤٢

١-٣.انظمة الصرف الصحي المختلفة Systems Sewerage

يتم التخلص من المخلفات السائلة عن طريق شبكة من الأنابيب تحمل المخلفات من المنازل الي شبكة الصرف الصحي في المدينة ، ثم الي محطات المعالجة ان وجدت .

ويسمى النظام الذي يتخلص من خلاله من هذه المخلفات، "نظام الصرف الصحي" (System Sewage) ويختلف نظام الصرف الصحي، تبعاً لاختلاف درجة رقي المجتمع الأنساني. ففي المدن الحديثة يتكون نظام الصرف الصحي من شبكة أنابيب، تبدأ من المنازل والأبنية تجمع مياه الصرف الصحي، وتتسع هذه الأنابيب شيئاً فشيئاً، مع تجمعها بعضها مع بعض حتى تتحول إلى أنفاق كبيرة يطلق عليها "أنفاق المجاري"، أو"أنفاق الصرف الصحي"، التي تنتهي في محطات معالجة الصرف الصحي .

وفي محطات الصرف الصحي تزال الشوائب والمواد العالقة والمواد العضوية ويتخلص من المواد السامة الموجودة في تلك المياه ويتم إبادة الجراثيم والميكروبات. وبذا تصبح هذه المياه المعالجة آمنة لصرفها في البحر و صرفها في البر أو استخدامها لري الأشجار أو سل الطرق.

أما نظام الصرف الصحي في الريف فيتكون من خزانات ملحقة بالمنازل الريفية، يطلق عليها "خزانات الصرف" أو "خزانات النزح". وغالباً ما تبنى هذه الخزانات من الخرسانة أسفل المنزل الريفي، حيث تستقبل مياه الصرف الصحي. وتتعرض الفضلات الموجودة في الخزانات إلى عمل البكتيريا التي تحلل المواد العضوية، إلى غازات وفضلات يطلق عليها "الدُبال"، فيما يخرج الماء المختلط بالفضلات، والذي يطلق عليه "سائل الصرف الصحي"، إلى التربة المحيطة بخزان الصرف، من طريق الخاصية الشعرية. وينزح خزان الصرف على فترات عند امتلائه بالدبال، الذي ينقل إلى محطات معالجة الصرف الصحي.

ويتوقف حجم شبكة الصرف الصحي اللازمة لكل مدينة علي عدة عوامل أهمها :-

- حجم هذه المدينة وعدد سكانها
- انواع الانشطة المختلفة التي تدور في المدينة
- طبيعة أستخدام المياه المعالجة سواء تم القاءها في المسطحات المائية أو أستخدامها في الري.

وهناك ثلاثة أنظمة شائعة للصرف الصحي

أ / نظام الصرف الصحي المنفصـــــل

ب / نظام الصرف الصحي الموحد

ج / نظام الصرف الصحي شبه المنفصـــــل

أ / نظام الصرف الصحي المنفصـــــل

ويستخدم نظام الصرف الصحي المنفصل لجمع ونقل الفضلات المنزلية والتجارة والصناعة وفى هدا النظام يتم التخلص من المياه السطحية ومياه السيل والأمطار وبواسطة مجاري مياه الأمطار . أما الفضلات السائلة والحمأة المنزلية والتجارة والصناعة فيتم التعامل معها بواسطة مجاري أخرى تسمي المجاري الصحية.

ومن محاسن هذا النظـــــام :

١/ نظام اقتصادي إذا يتم استعمال مجارى ذات أحجام صغيرة .

٢/ صرف الفائض من المياه .

٣/ كمية الفضلات السائلة و الحمأة الداخلية للمعالجة قليلة .

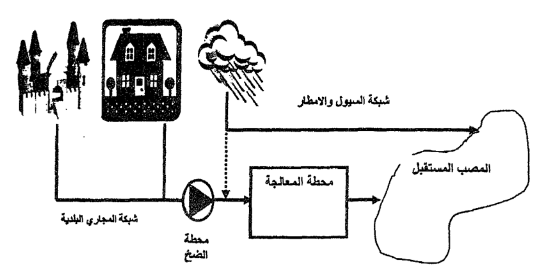
٤/ قليل التكلفة مقارنة بنظام المجاري الموحد عندما الحاجة الي ضخ الفضلات .

أما مساوئ النظام فتشمل الأتي :

ج / نظام الصرف الصحي شبه المنفصـــل

وهذا النظام خليط بين النظامين السابقين بحيث يقوم نظام شبكة المجاري باستقبال الفضلات السائلة وجزء من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية (مثلا المياه المجمعة من أسطح المنازل والتي تجد طريقها الي الشبكة ويقوم جزء آخر من النظام بنقل الجزء المتبقي من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية.

والشكل التالي هو لمخطط يوضح شبكة الصرف شبه المنفصل.



شكل ١-٦ (نظام) شبكة الصرف شبه المنفصل

وقد يقود سوء الأستخدام للمصارف الصحية الي مشاكل عديدة منها :

١ . الانفجـــارات .

٢ . حدوث الحرائق .

٣ . الأنسدادات من جراء الشحوم والدهون والزيوت وغيرها من الاوساخ.

٤ . الإعطاب والخلل (مثلا من جراء دفق الفضلات الحارقة أو الأكالة ومن جراء التحميل الزائد أو التوصيلات غير القانونية أو تلوث المياه أوالتعرض للمعالجة بالدفق الفائض أو إدخال الفضلات غير القابلة للتحلل) .

١-٤. الدراسات اللازمة لانشاء شبكة الصرف الصحي

أن عملية انشاء شبكات الصرف الصحي لابد ان يسبقها كثير من الدراسات العلمية . ولعمل تصميم جيد مناسب لشبكة المجاري فلابد من القيام بدراسات للفحص والأستقراء فيما يتعلق ، بالنواحي الطبوغرافية والجيولوجية والجغرافية والهيدرولوجية والهيدرولوكية و الهندسية والاجتماعية للمنطقة . وهذه الدراسات تقيم الوضع الحالي والوضع المستقبلي لمناطق الدراسة .

ومن أمثلة الدراسات التي يبني عليها تصميم وانشاء شبكة الصرف الصحي

١. دراسات خاصة بخواص ومكونات المياه السطحية والجوفية (مثلا النفاذية ومستوي المياه الجوفية والتسرب ومعامل الدفق السطحي) وغيرها من العوامل المؤثرة .

٢. دراسات خاصة بشبكة المجاري الحالية وما بها من قصور أو مشاكل أو عيوب ومدي تحملها للامتداد مستقبلاً.

٣. دراسة إمدادات المياه (من كمية الأستهلاك والنسبة المئوية الداخلة لشبكة المجاري) .

٤. دراسات خاصة بقطاع الخدمات الأخرى بالمنطقة (مثل وضع شبكة المياه وخطوط إمدادات الكهرباء وخطوط الهاتف وشبكة الطرق وأنابيب الغاز وعرض الشارع وحالته من سفلته وغيرها .

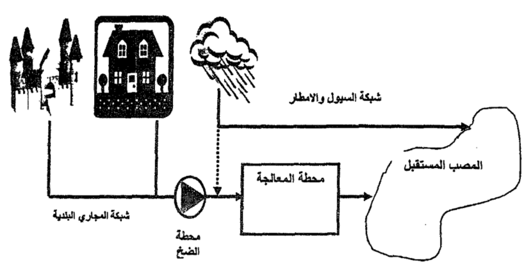
٥. دراسات بالصناعات القائمة والمستقبلية المتوقعة .

٦. دراسات خاصة .بالسكان (الكثافة السكانية والنمو والمواليد والوفيات والهجرة والزمن التصميمي مع الخطة الرئيسية).

ج / نظام الصرف الصحي شبه المنفصـــــل

وهذا النظام خليط بين النظامين السابقين بحيث يقوم نظام شبكة المجاري باستقبال الفضلات السائلة وجزء من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية (مثلا المياه المجمعة من أسطح المنازل والتي تجد طريقها الي الشبكة ويقوم جزء آخر من النظام بنقل الجزء المتبقي من مياه الأمطار والسيول والمياه السطحية.

والشكل التالي هو لمخطط يوضح شبكة الصرف شبه المنفصل.



شكل ١-٦ (نظام) شبكة الصرف شبه المنفصل

وقد يقود سوء الأستخدام للمصارف الصحية الي مشاكل عديدة منها :

١ . الانفجـــارات .

٢ . حدوث الحرائق .

٣ . الأنسدادات من جراء الشحوم والدهون والزيوت وغيرها من الاوساخ.

٤ . الإعطاب والخلل (مثلا من جراء دفق الفضلات الحارقة أو الأكالة ومن جراء التحميل الزائد أو التوصيلات غير القانونية أو تلوث المياه أوالتعرض للمعالجة بالدفق الفائض أو إدخال الفضلات غير القابلة للتحلل) .

١-٤. الدراسات اللازمة لانشاء شبكة الصرف الصحي

أن عملية انشاء شبكات الصرف الصحي لابد ان يسبقها كثير من الدراسات العلمية . ولعمل تصميم جيد مناسب لشبكة المجاري فلابد من القيام بدراسات للفحص والأستقراء فيما يتعلق ، بالنواحي الطبوغرافية والجيولوجية والجغرافية والهيدرولوجية والهيدرولوكية و الهندسية والاجتماعية للمنطقة . وهذه الدراسات تقيم الوضع الحالي والوضع المستقبلي لمناطق الدراسة .

ومن أمثلة الدراسات التي يبني عليها تصميم وانشاء شبكة الصرف الصحي

١. دراسات خاصة بخواص ومكونات المياه السطحية والجوفية (مثلا النفاذية ومستوي المياه الجوفية والتسرب ومعامل الدفق السطحي) وغيرها من العوامل المؤثرة .

٢. دراسات خاصة بشبكة المجاري الحالية وما بها من قصور أو مشاكل أو عيوب ومدي تحملها للامتداد مستقبلاً.

٣. دراسة إمدادات المياه (من كمية الأستهلاك والنسبة المئوية الداخلة لشبكة المجاري) .

٤. دراسات خاصة بقطاع الخدمات الأخرى بالمنطقة (مثل وضع شبكة المياه وخطوط إمدادات الكهرباء وخطوط الهاتف وشبكة الطرق وأنابيب الغاز وعرض الشارع وحالته من سفلته وغيرها .

٥. دراسات بالصناعات القائمة والمستقبلية المتوقعة .

٦. دراسات خاصة .بالسكان (الكثافة السكانية والنمو والمواليد والوفيات والهجرة والزمن التصميمي مع الخطة الرئيسية).

٧. دراسات الرصد الجوي والبيانات الهيدرولوجية المتعلقة بأقصى وأدني متوسط للأمطار ودفق الأنهار ومستوي البحر والتيارات السائدة والرياح والرطوبة والحرارة والتبخر .

٨. دراسات تاريخ المنطقة وأمكانية وجود اثار او مناطق اثرية وحدوث كوارث طبيعية مثل الزلازل والبراكين وغيرها .

٩. دراسات البيانات السياسية والقوانين المؤثرة علي توصيلات المجاري ومعدلات الدفق وجهات الاختصاص .

١٠. دراسات خاصة بالبيانات الأقتصادية .

١١. بالبيانات العامة الأخرى مثل السياحة وإعداد الأستخدام والدوران غيرها ويمكن تقسيم المسوحات والفحوصات الآستقرائية إلي محاور محددة مثل:

ا- .المحور الطبيعي : المتعلق بطبوغرافية المنطقة وخرائط المدينة ووجود شبكة مجاري حالية والإمتدادات المستقبلية والمناطق الأثرية والتاريخية ومناطق التراث

ب- المحور التنموي: ويتعلق بالسكان بالمنطقة ونوع التنمية السائدة وأهم الخطط القومية بالمنطقة .

ج- المحور السياسي : ويتعلق بالحدود السياسية والاتفاقيات وبروتوكولات الخدمات والقوانين المتعلقة بالمعالجة المبدئية للفضلات الصناعية وتلك المتعلقة بإعادة الأستخدام والتدوير وتلك المتعلقة بصرف المجاري المائية وغيرها من قوانين وأنماط أستخدامها وطريقة تطبيقها والجهات الصادرة منها وكيفية تغييرها لتتناسب والتغيرات الطارئة في المجتمع والدراسات والبحوث .

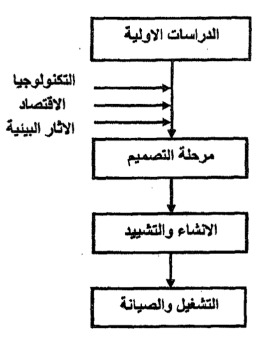
د-.المحور المالي : الأطوار التي يمكن أن يمر عليها مشروع الصرف الصحي هي :

مرحلة التحاليل الاولية. (وتشمل التقنية والاقتصاد والآثار البيئية)

مرحلة التصميم.
مرحلة الإنشاء والتشييد.
مرحلة التشغيل والصيانة.

١-٤-١. تصميم شبكة المجاري

تحوي معايير التصميم إيجاد سعة الأنبوب وأقل وأقصي ميل وارتفاعات مناسيب الدفق والتغيرات في حجم الدفق ويمكن آن تبني الحسابات أما علي أساس الدفق الذي يملأ كل مقطع الأنبوب (دفق كامل) أو علي أساس أن الدفق يملأ جزء من مقطع الأنبوب (دفق جزئي) .وبالنسبة للدفق الكامل يمكن إيجاد حجم وميل المجرور باستخدام المعدلات المعادلات . أما بالنسبة للدفق الجزئي فيمكن إيجاده باستخدام رسم العناصر الهيدرولوكية للأنابيب الدائرية وعند استخدام رسم العناصر الهيدرولوكية لابد من استخدام معادلةماننج أو رسم بياني معادلة ماننج لإيجاد حالة المجرور الممتلئ ثم توجد النسبة بين أي عنصرين هيدرولوكين.



شكل ١-٧ اطوار مشروع الصرف الصحي

* يمكن تلخيص أهم نقاط تؤخذ في الاعتبار عند تصميم خطوط المجاري علي النحو التالي :

١.تحدد حدود المنطقة الرافدة لأي حسابات لقطاع خطوط المجاري ويمكن إيجاد المساحة السحطية بواسطة ممساح ويضرب مقدار المساحة في معامل السيل لإيجاد المساحة الرافدة الداخلة في التصميم .

٢.يوجد عدد السكان من حاصل ضرب المساحة الرافدة في الكثافة السكانية .

٣.يقدر زمن التركيز للقطاع ثم يتم إيجاد دفق السيل .

٤.يوجد ارتفاع وميل وقطر شبكة المجاري ، وسعة وسرعة التدفق ويمكن أن تؤخذ أقطار أنابيب المجاري الممتلئة كما يلي :

يؤخذ قطر ١٥٠ ملم لتوصيلات المنازل .

يؤخذ قطر ٢٠٠ ملم للمجاري السطحية .

يؤخذ قطر ٢٥٠ إلى ٣٠٠ ملم لمجاري السيل والأمطار .

٥.تحسب بيانات التدفق تم يتحقق من زمن التركيز المفترض ويصحح إذا اقتضي الأمر .

٦.يتم تصميم الإنشاءات الهامة مثل المضخات وأحواض المكث .

٧.يتم إنشاء المجاري بعمق مناسب تحت سطح الأرض لتستقبل الفضلات السائلة من المنطقة الرافدة .

٨.يتم تحديد فاقد الطاقة .

٩.عندما لا تسمح الارتفاعات بالأنسياب تحت قوي الجاذبية ليلجأ إلى الضخ .

١٠.يعمل علي إن يكون حجم وميل المجاري مناسبة لتحمل الدفق بسرعة مناسبة تمنع تسرب المواد الصلبة وتقوم بالنظافة الذاتية .و بالنسبة لتوصيل المنازل يؤخذ الميل ليساوي ٢ % وأقل ميل يؤخذ ليساوي ١% .

١١.لا يوضع انابيب شبكة المجاري الصحية في نفس الأخدود مع أنابيب المياه للمحافظة لصحة العامة ويتم اختيار شبكة المجاري في الشارع بنأ علي نوعة وعرض الشارع .

١٢.توضع غرف التفتيش علي نقاط ملتقى المجاري الصحية وعلي نقاط التغير في الميل عدا عند المناطق المنحية وعلي مناطق تسهل عملية النظافة و الصيانة عند الطواري .

١٣.لا توضع غرف التفتيش في المناطق المنخفضة وتصمم بحيث لاتسمح بنفاذ المياه السطحية.

١٤.يعمل علي أن تكون خطوط شبكة المجاري مستقيمة بين نقاط التفتيش.

١٥.توضع غرف التفتيش علي مسافات ٩٠ إلى ١٥٠ مترا ولمسافات ١٥٠ آلي ٣٠٠ متر للمجاري الكبيرة .

١٦.عادة توضع شبكة المجاري بالقرب من منتصف الشارع أو الطريق لكي تخدم شبكة المجاري واحدة المنازل في كلا الجانبين منه عدا الشوارع العريضة .

١٧.توضع المجاري في الشوارع العريضة خارج حافة الرصيف والممر الجانبي آو تحت الممر الجانبي .

١٨.تمنع زراعة الأشجار و الشجيرات واقامة الأسوار و الجدران السائدة وغيرها من العوائق الأرضية والتي يمكن أن تتداخل مع منفذ خط المجاري .

١٩.التهوية القصرية شبكة المجاري تعتبرعملا خاصاً يستخدم لحل مشكلة معينة .

٢٠. يستخدم عمق شبكة المجاري المناسب ليخدم التدفق القادم من المنطقة الرافدة وليمنع رجوع الفضلات السائلة من خلال نقاط الارتباط ويعمل علي ألا يقل أعلي شبكة المجاري عن المتر الأدني أرضية الطابق السفلي (العنبر أو البدروم) الذي يخدمه .

٢١. تصمم المجاري ذات القطر ٣٧٥ ملم لدفق الكامل " ممتلئة " وتصمم المجاري الكبيرة القطر لدفق الجزئي لتكون ممتلئة آلي ثلاثة أرباعها .

٢٢. تصمم غرف التفتيش لتسمح بنفاد إلى شبكة المجاري للمراقبة وأجراء أعمال الصيانة ويعمل علي أن تحدث أقل تداخل مع هايدروليكيا المجرور وأن تدوم طويلاً وعادة تكون غير نافذة للماء وتتحمل ضغط الأحمال .

- التآكل في المصارف الصحية :

تعتبر البيئة داخل شبكة المجاري بيئة تآكل عندما يتم إنتاج غازكبريتيد الهيدروجين الذي يتأكسد الي كبريتات والتي قد تتفاعل مع الماء وتنتج حمض الكبريتيك الذي يحدث التآكل في معظم شبكات المجاري . ومن الأثار الضارة وغير المستحبة لكبريتيد الهيدروجين مايلي :

أ- إنتاج الروائح الكريهة.

ب-مخاطر لعمال النظافة والصيانة والترميم .

ج-تأكل المجاري غير المحمية والمصنعة من مواد أسمنتية أو مواد معدنية.

د-ربما أضر بالمعالجة إذا أنة يؤثر علي الحمأة النشطة ويزيد من متطلبات الكلور، وتولد كبرتيد الهيدروجين في محطات المعالجة يسبب روائح كريهة مما يقود إلى شكوى السكان الذي تصلهم هذه الروائح والقريبين من محطات المعالجة .

الأجهزة والمنشأت المساعدة لشبكات الصرف الصحي

تحتاج شبكات الصرف الصحي الي بعض المنشأت والاجهزة لضمان سلامة التشغيل وانتظام التدفق ولضمان عدم حدوث مشاكل في التشغيل والصيانة بالاضافة الي التحكم والاشراف علي الشبكات من خلال تلك الاجهزة والمنشأت وهذه تشمل

١. غرف التفتيش أو المطابق.

٢. بالوعات الشوارع.

٣. بالوعات تحجز الرواسب والرمال

٤. احواض الدفق.

٥. اجهزة قياس التصرف.

٦. السيفونات المقلوبة.

٧. منظمات التصرف.

١-٥. مكونات المخلفات السائلة

تتكون اية مخلفات سائلة اصلا من المياه المستخدمة بما تحويه من عناصر موجودة فيها قبل الأستخدام ،مضافا اليها الملوثات والشوائب التي تصاحب أستخدامها. وتعتمد هذه الشوائب في نوعيتها وكميتها علي مجالات الأستخدام فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها للأستعمالات المنزلية وعن مياه الامطار،وكل نوع من هذه الأنواع يتاثر بعوامل كثيرة تؤثر علي مكوناته ، وتتفاوت هذه العوامل من مكان لاخر مثلا من مدينة الي اخري ، ثم في المدينة نفسها من منطقة لاخري ، وتختلف المخلفات الصناعية حسب طبيعة الصناعة وعمليات التصنيع والمواد المستعملة في التصنيع ومعدلات أستهلاك المياه ومستوي التشغيل .

مياه المجاري المنزلية

المخلفات السائلة المنزلية وتشمل مياه الأستعمالات المنزلية والتجارية كالوحدات السكنية والفنادق والمطاعم والمدارس وتسمي احيانا بمياه المجاري.

ويمكن تقسيمها لثلاث مصادر فرعية

أولا مياة الحمامات والمراحيض وتحتوي علي المخلفات البشرية والمواد الناتجة عن الآستحمام ونظافة الأواني والأرضيات وأعمال النظافة الاخري والورق وبعض الالياف بالاضافة الي الصابون .

ثانيا مياه المطابخ وتحتوي علي بقايا الطعام وصابون ودهون .

ثالثا مياه المغاسل وتحتوي علي صابون ومنظفات وأوساخ التنظيف.

وهذا بالاضافة الي ما يمكن ان يصل الي شبكات الصرف الصحي من سوء أستخدام الاجهزة الصحية من مواد يمكن وضعها في صناديق القمامة مثلا ، ولكنها تصل الي مواسير الصرف ، وتسبب مشاكل كثيرة سواء في شبكات التجميع أو محطات الرفع أو المعالجة . وتحتوي مياه المجاري المنزلية عموما علي ما يلي :-

١-المواد الصلبة الكلية Total Solids (٣٥٠ -١٢٠٠) مجم / لتر ومن هذه المواد ٢٠ % كانت اصلا من مكونات مياه الشرب، والباقي اضيف اليها عند أستعمالها ، وتكون المواد الصلبة نسبة في حدود ٠,١ % ونسبة المياه ٩٩,٩ %.

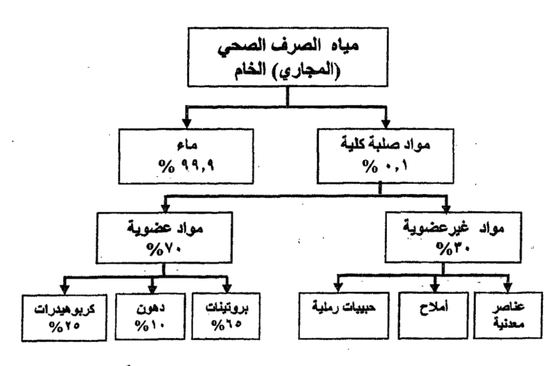
٢-تنقسم المواد الصلبةالي مواد ذائبة ومواد عالقة .

٣-المواد العالقة Suspended Solids تشمل مواد قابلة للترسيب يمكن ترسيبها في أحواض الترسيب ، كما تشمل مواد معلقة صغيرة يصعب ترسيبها ، والمواد العالقة اما ان تكون عضوية من حيث تركيبها الكيميائي او غير عضوية.

٤- المواد العضوية تمثل من ٤٥ الي ٧٥ % من المواد الصلبة، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية.

٥- المواد العضوية الصلبة تشمل اساسا المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت ، بينما تشمل المواد الغير عضوية حبيبات الرمل الدقيقة والاملاح المعدنية وكثير من العناصر الثقيلة .

ويبين الشكل الأتي محتويات مياه المجاري المنزلية



شكل ١-٨ محتويات مياه المجاري المنزلية

تعبير الأكسجين الحيوي (البيولوجي) المستهلك Biochemical Oxygen Demand كمقياس لتركيز المواد العضوية في مياه المجاري ، وهو احد العوامل الرئيسية في معرفة مدي كفاءة وحدات المعالجة ، ويقاس بالجزء في المليون أو بكمية الأكسجين الحيوي المستهلك لكل شخص .

ويوضح الجدول التالي نموذج لبعض تحاليل المجاري المنزلية بتركيزات متفاوتة مقدرة بالجزء في المليون (مجم/لتر).

ومن هذا الجدول يمكن تقسيم قوة تركيز مياه المجاري الي ضعيفة التركيز أو متوسطة التركيز او قوية التركيز وذلك تبعا لتركيز ونسب العناصر و الملوثات الموجودة بها .

جدول رقم ١-٢

مكونات وقوة تركيز مياه المجاري

العناصر	مجاري ضعيفة التركيز(مجم/لتر)	مجاري متوسطة التركيز(مجم/لتر)	مجاري قوية التركيز(مجم/لتر)
المواد الصلبة الكلية TDS	٣٥٠	٧٢٠	١٢٠٠
المواد العالقة TSS	١٠٠	٢٢٠	٣٥٠
المواد العالقة المتطايرةTVSS	٧٠	١٥٥	٢٦٠
المواد القابلة للترسيب Settlable Solids	٥	١٠	٢٠
الأكسجين الحيوي المستهلك BOD	١١٠	٢٢٠	٤٠٠
الأكسجين الكيمائي المستهلك COD	٢٥٠	٥٠٠	١٠٠٠
الكلوريدات Chlorides	٣٠	٥٠	١٠٠
النتروجين الكلي T-N	٢٠	٤٠	٨٥
الامونيا – نيتروجين	١٠	٢٠	٣٥
الفسفور الكلي T-P	٤	٨	١٥
الدهون Greases	٥٠	١٠٠	١٥٠
القلوية كربونات الكالسيوم	٥٠	١٠٠	٢٥٠
المصدر Water Quality Control Handbook			

٦- يتراوح الأكسجين الحيوي المستهلك BOD عادة بين ٢٢٠ الي ٣٠٠ مجم /لتر في مياه المجاري المنزلية او ٥٤ جم / شخص / يوم ، وتكون في حالة

شبكات الصرف المشتركة حوالي ٧٧ جم /شخص /يوم اي بزيادة ٤٠ % عن المجاري المنزلية ، ويؤخذ في الاعتبار كثافة مياه الامطار التي تسقط خلال العام .

٧- في البلاد التي تستخدم فيها كسارات القمامة أحواض المطبخ،تزيد قيمة BOD في المجاري المنزلية

٨- تتواجد في مياه المجاري علي بعض الغازات الذائبة ويتوقف ذلك علي مدي قدم مياه الصرف الصحي ومدي نقائها .

ومن أمثلة هذه الغازات:-

ا- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك علي قدم مياه الصرف.

ب- غاز ثاني أكسيد الكربون والناتج عن تحلل المواد العضوية وتنفس البكتريا.

ج - غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضوية الكبريتية.

د- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النتروجينية كالبروتين بتاثير البكتريا .

و- غاز النيتريت والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النيترة وعن عمليات اختزال النترات.

١-٥-١. الفضلات البشرية ومياه الصرف

*مياه الصرف البلدية تتكون من مخلفات صرف الأنسان والحيوان بالاضافة المياه الرمادية والتي تشمل مياه الآستحمام ونظافة الاواني ومياه المطابخ والمغاسل.

*وتحتوي مياه الصرف الصحي، كذلك، على نسبة عالية من الأملاح، فبول الأنسان، مثلاً، يحتوي على نسبة عالية من اليوريا، والأملاح الضارة بالجسم، التي يتخلص منها بطرحها إلى الخارج. كذا يحتوي البول، في بعض الأحيان، على

بويضات لبعض الطفيليات، مثل البلهارسيا، وبعض أنواع الميكروبات. أما الغائط، ففضلاً عن احتوائه على مخلفات الطعام والمواد الصلبة، التي لا يستطيع الجسم هضمها، فإنه يحتوي على البكتيريا والفيروسات المعوية، ومنها: فيروس شلل الأطفال، بالإضافة إلى بيض وأطوار كثير من الطفيليات.

والأنسان عموما يفرز حوالي من ١٠٠ الي ٥٠٠ جرام من المواد البرازية وحوالي من ١ لتر الي ثلاثة ليترات من البول يوميا ، والجدول التالي يبين مكونات المواد البرازية والبول التي ينتجها الأنسان والتي تجد طريقها الي مياه المجاري .

جدول ١-٣

مكونات المواد البرازية والبولية التي ينتجها الأنسان

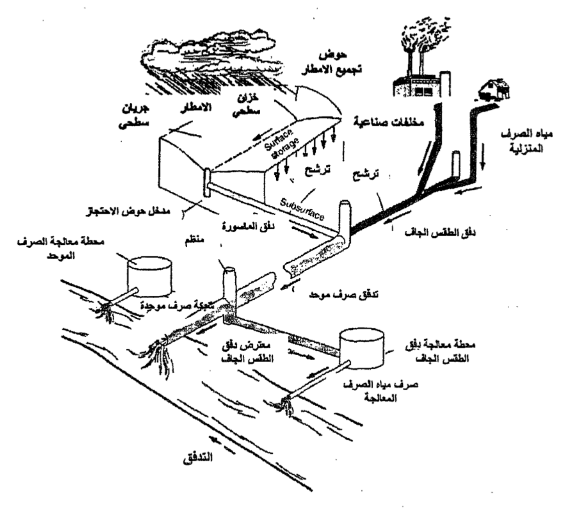
المكون	المواد البرازية	البول
الكمية لكل شخص في اليوم	١٠٠ – ٥٠٠ جرام	١,٠ – ٣,١ ليتر
محتوي الرطوبة	٧٠-٨٥ %	٩٣ – ٩٦%
المحتوي العضوي تقريبا نسبة مئوية للوزن الجاف	٨٨-٩٧ %	٦٥-٨٥%
النتروجين	٥,٠ ٧,٠ %	١٥- ١٩ %
الفسفور	٣,٠ – ٤,٥ %	٢,٥ ٥,٠ %
البوتاسيوم	١,٠-٢,٥ %	٣,٠ – ٤,٥ %
الكربون	٤٤- ٥٥ %	١١- ١٧ %
الكالسيوم	٤,٥%	٤,٥ – ٦,٠ %
نسبة الكربون للنتروجين	٦ – ١٠	١
الأكسجين الحيوي المستهلك BOD	١٥-٢٥ جرام	١٠ جرام

١-٦. الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف

يرتكز تصميم وحدات معالجة مياه الصرف واختيار تكنولوجيا فعّالة للمعالجة على فهم طبيعة هذه المياه .فهذه المياه تنشأ من المياه المستخدمة في المنازل

والمؤسسات والمرافق الصناعية، ومن مياه الأمطار والمياه الجوفية والسطحية (الشكل التالي شكل ١-٩). ويتفاوت دفق مياه الصرف حسب مستوى استخدام المياه، الذي يتعلق بعوامل عدّة، منها المناخ، وحجم المجتمع ومستوى المعيشة، ونوعية إمدادات المياه وكلفتها

وممارسات الحفاظ عليها، ومستوى التصنيع، وضغط الإمداد.



شكل ١-٩ مصادر مياه الصرف

المصدر

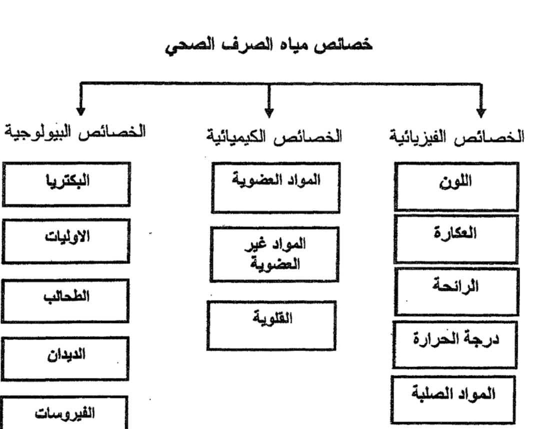
.Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill,: 2002

وتُحدَّد نوعية مياه الصرف حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية .
فالخصائص الفيزيائية تشمل اللون والرائحة والحرارة ودرجةالعكارة، والمحتويات غير المذابة، ومنها الأجسام الصلبة والنفط والشحم، والأجسام الصلبة تصنّف إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة وأجزاء عضوية متطايرة وغير عضوية ثابتة.

والخصائص الكيميائية المرتبطة بالمحتويات العضوية لمياه الصرف تشمل الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين، والطلب الكيميائي على الأكسجين، ومجموع الكربون العضوي، و الطلب الكلي على الأكسجين؛ أمّا الخصائص الكيميائية غير العضوية فتشمل الملوحة والعُسر والرقم الهيدروجيني والحموضة والقلوية، بالإضافة إلى المعادن المؤيّنة، ومنها الحديد والمنجنيز، المواد الأنيونية، ومنها الكلور يدات والكبريت والنترات والكبريتيد والفوسفات.

والخصائص البكتيريولوجية تضمّ بكتيريا الكوليفورم و بكتيريا الكوليفورم الغائطية والعوامل الممرضة والفيروسات . وتتغيّر مكوّنات مياه الصرف ومستويات التركيز مع الوقت وحسب الظروف المحلية ، فمجموع الأجسام الصلبة النموذجي للمياه المنزلية غير المعالجة، مثلا يتراوح بين ٣٥٠ و ١٢٠٠ مليجرام/ليتر بينما يتراوح الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين بين ١١٠ و ٤٠٠ مليجرام/ليتر.

والشكل التالي لمخطط يبين كافة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية .



شكل ١-١٠ مخطط لخصائص مياه الصرف الصحي

وسوف نتناول بالتفصيل هذه الخصائص خلال السطور القادمة نظرا لأهميتها في فهم عمليات المعالجة .

أولا الخصائص الفيزيائية لمياه الصرف

١- اللون

فمياه المجاري في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون رمادية اللون ، بها مواد برازية لذلك فاي تغير في هذا اللون الي لون اخر كلون أحمر أو أخضر أو

أزرق او لون اسود شديد السواد يدل علي ورود مياه صرف صناعي مصاحبة لمياه المجاري.

٢- العكارة ..

العكارة هى مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة فى المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها. وغالبا تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه المخرج) كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدي احتوائها علي مواد عالقة .

٣- الرائحة

مياه المجاري الخام ذات رائحة خردلية خفيفة ولكنها ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة ، وتتأثر رائحة مياه المجاري بالأكسجين الذائب في المياه ففي الظروف اللاهوائية كنقص الأكسجين الذائب في مياه المجاري تبدأ البكتريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتاخذ في استهلاك وتحلل المواد العضوية وتحويلها الي أمونيا وغازات اخري، ويصبح الماء ذو رائحة كريهة جدا ويسمي ماء متعفنا متحللا ، ويعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أكثر الغازات المسببة للرائحة الكريهة في مياه المجاري ويتصاعد هذا الغاز من التحلل اللاهوائي لمياه المجاري في حالة غياب الأكسجين.

وللتقليل من الروائح المنبعثة من بعض محطات الصرف الصحي تلجأ بعض المحطات لتركيب وحدات امتزاز للرائحة تتكون من الكربون المنشط لأمتزاز الروائح من المياه قبل صرفها الا ان ذلك يعد مكلفا من الناحية الاقتصادية ، كما قد يستخدم الكلور لمعالجة الروائح الشديدة المصاحبة لمياه الصرف الخام عند دخولها لمدخل المحطات .

٤- درجة الحرارة

درجة الحرارة لها تاثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية ، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك الي درجة حرارة معينة ياخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط .

وبالتالي فان أرتفاع درجة الحرارة يسهم في الآسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة ، وتزداد كمية الاجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه ، والتي بدورها تصبح اكثر عكارة في لونها .

بالاضافة الي ما سبق فأن الأكسجين أقل ذوبانا في المياه الدافئة عن المياه الباردة ولذلك فانه عند ارتفاع درجة الحرارة المياه في اشهر الصيف يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية مصاحبا لانخفاض في كمية الأكسجين المتواجدة في المياه السطحية مما قد يؤدي الي نفاذ حاد وأستنزاف لتركيز الأكسجين الذائب ، وقد تتزايد هذه التأثيرات الخطيرة عند زيادة كمية المياه الساخنة التي يتم صرفها علي المسطحات المائية ، مع ملاحظة أنه عند حدوث تغير مفاجيء لدرجة الحرارة قد ينتج ارتفاع معدل موت بعض الاحياء المائية ، كما ان الأرتفاع الغير طبيعي لدرجة الحرارة قد يؤدي الي أزدياد نمو بعض النباتات المائية الغير مرغوب فيها ونمو بعض الفطريات.

٥- المواد الصلبة

علميا تعرف المواد الصلبة الكلية في مياه الصرف علي انها كل المواد التي تتبقي بعد التبخير عند درجة حرارة ١٠٣ – ١٠٥ مئوية .أما المواد التي لها ضغط بخاري مرتفع فانها سوف تفقد في عملية التبخيرعند هذه الدرجة وبالتالي لا تعتبر مواد صلبة .

وتنقسم المواد الصلبة الكلية في مياه المجاري الي المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة القابلة للترسيب ،وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب علي انها المواد التي تترسب في قاع اناء علي شكل مخروطي (يسمي قمع او مخروط امهوف) في خلال زمن قدره ٦٠ دقيقة وتقاس بالمليليتر لكل لتر وهي تقريبا مقياسا لكمية الحمأة التي سوف تنفصل بالترسيب الاولي والتي تعرف بالحمأة الأبتدائية .

ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية او المتبقية بعد التبخير الي مواد لا يمكن ترشيحها أو مواد يمكن ترشيحها وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال مرشح.

ويحتوي الجزء القابل للترشيح من المواد الصلبة علي مواد رغوية ومواد صلبة ذائبة ، ويحتوي جزء المواد الرغوية علي جزيئات بحجم ٠,٠٠١ الي ١ ميكروميتر. اما المواد الصلبة الذائبة فتحتوي علي جزيئات من مواد عضوية ومواد غير عضوية وايونات ذائبة في المياه .وبشكل عام لا يمكن فصل المواد الرغوية بالترسيب، لذلك يجب استعمال اما الاكسدة البيولوجية يتبعها مرحلة الترسيب لترويق المياه.

وتسمي المواد الصلبة التي تزال بالترسيب وتفصل عن مياه الغسيل بالحمأة (الرواسب الصلبة) حيث تضخ بعد ذلك الي احواض تجفيف او تصفي لازالة الماء منها .

٦- الغازات الذائبة

تتواجد في مياه المجاري علي بعض الغازات الذائبة ويتوقف ذلك هلي مدي قدم مياه الصرف الصحي ومدي نقائها ،ومن أمثلة هذه الغازات:-

أ- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك علي قدم مياه الصرف.

ب- غاز ثاني أكسيد الكربون والناتج عن تحلل المواد العضوية وتنفس البكتريا

ج - غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضويةالكبريتية.

د- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النتروجينية كالبروتينات واليوريا بتاثير البكتريا

و- غاز النيتريت والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النيترة وعن عمليات اختزال النترات .

ي- غاز النتروجين والناتج من عمليات اختزال النترات خلال عمليات عكس التأزت (عكس النيترة).

٧- المواد المتطايرة

تتواجد في مياه المجاري بعض المواد المتطايرة والتي في اغلبها مواد عضوية ناتجة عن التحلل الهوائي واللاهوائي لمياه المجاري خلال تدفقها في شبكة المجاري او خلال مروروها في وحدات المعالجة المختلفة ، ومن امثلة تلك المواد المتطايرة الأحماض العضوية المتطايرة مثل حمض الخليك وحمض الفورميك والغازات العضوية مثل الميثان والأمونيا وغاز كبريتيد الهيدروجين ،إن انسياب هذه المركبات فى المجارى أو فى محطات المعالجة قد تؤثر عكسيا على صحة العاملين بشبكات الصرف ومحطات المعالجة.

وتمثل المواد العضوية المتطايرة الجزء العضوي الموجود في المياه الذي يتحلل تماما متحولا الي طاقة أو الي كائنات حية جديدة.وهذه المركبات لها نقطة غليان أقل من ١٠٠ درجة مئوية /أو ضغط بخار أقل من ١ مم زئبق عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية.

عندما توضع المواد العضوية العالقة التي تم تجفيفها في درجة ١٠٣ مئوية في فرن حرق درجة حرارته ٥٥٠ درجة مئوية ، فان جميع المواد العضوية تتطاير منها بالحرق ، وكمية المواد المتطايرة تحسب بالمليجرام في اللتر.

وغالبا تمثل المواد العضوية المتطايرة من ٧٠ الي ٨٠ % من وزن المواد العالقة الكلية ، وتصل الي ٦٠ % فقط في الحمأة الموجودة في احواض الهضم اللاهوائي(أحواض التخمير).

ثانيا الخصائص الكيميائية

تعد المواد الموجودة في مياه المجاري ذات طبيعة كيميائية اذ تحتوي هذه المياه علي كثير من المركبات والمواد الكيميائية المختلفة وعموما تنقسم المواد الموجودة في مياه المجاري من حيث طبيعتها الكيميائية الي مواد عضوية ومواد غير عضوية.

١- المواد العضوية

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفى بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد.

ومن أمثلة المواد العضوية المتواجدة بكثرة في مياه الصرف المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت بالاضافة الي كثير من الكائنات الدقيقة والتي هي في طبيعتها مواد عضوية.

و يمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل الي:-

أ. مواد عضوية قابلة للتحلل بيولوجيا وهي المواد التي يمكن تكسيرها وتحللها بفعل الكائنات الحية الدقيقة .

ب. مواد عضوية غير قابلة للتحلل بيولوجيا وهي التي لا تتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة ولكن قد تتحلل بفعل بعض الكيماويات المؤكسدة القوية.

ج. مواد عضوية غير قابلة للتحلل اطلاقا.

وقد تحتوى مياه الصرف الصحي على كميات قليلة من جزيئات عضوية مخلقة وذلك في حالة صرف مياه المخلفات الصناعية علي شبكة المجاري ، ويتباين التركيب الكيميائي هذه الجزيئات تباينا كبيرا مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والملوثات العضوية الرئيسية والمركبات العضوية المتطايرة والمبيدات الزراعية ، وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصحي لأن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجيا أو تتحلل ببطء شديد.

وتمثل المواد العضوية من ٤٥ الي ٧٥ %من المواد الصلبة الموجودة في مياه المجاري ، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية.

٢- المواد غير العضوية

وتمثل المواد الغير عضوية من ٢٥ الي ٥٥ % من المواد الصلبة الموجودة في مياه المجاري.و تشمل المواد الغير عضوية الموجدوة في مياه المجاري حبيبات الرمل الدقيقة والاملاح المعدنية مثل املاح الكلوريدات والصوديوم والبوتاسيوم والكاسيوم وكثير من العناصر الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والكادميوم والحديد والمنجنيز والنحاس .

وهناك بعض المواد الغير عضوية الذائبة في مياه الصرف مثل الأمونيا واملاح السيانيد واملاح الثيوسيانات واملاح الثيوسلفات وغاز كبريتيد الهيدروجين.

٣- القلوية

تنتج القلوية من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكربونات مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا ويعتبر أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم هما الأكثر أنتشارا. ويمكن اعتبار البورات والسيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويساعد وجود القاعدية فى مياه الصرف على مواجهة التغيرات فى الأس الهيدروجينى الناتجة عن

تكون الأحماض داخل الهاضمات اللاهوائية. ويشكل تركيز القاعدية فى مياه الصرف أهمية من حيث التأثير على المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات كذلك إزالة الأمونيا باستخدام الاكسدة الهوائية.

ثالثا الخصائص البيولوجية

يقصد بالخصائص البيولوجية بمحتوي مياه المجاري من الكائنات البيولوجية فبالاضافة الي المواد العضوية والمواد العالقة تحتوي مياه المجاري علي كثير من الكائنات الميكرسكوبية الدقيقة ، والتي يوجد منها بالالاف وربما بالملايين في كل مليميتر من مياه المخلفات . الا ان غالبية هذه الكائنات غير ضار بل ان بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك في تثبيت المواد العضوية وأكسدتها وتحويلها الي مواد ثابتة غير عضوية .

والبعض الاخر من هذه الكائنات الدقيقة يسبب أمراضا أو ضرر للبيئة المحيطة وقد يخل بالتوازن البيئي اذا تراكم بدرجة معينة وتنقسم هذه الكائنات الدقيقة المجهرية الي كثير من الأنواع وأهمها الاتي :-

١- البكتريا

تعد البكتريا من أهم الكائنات الدقيقة علي الاطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير وأكسدة المواد العضوية . ولهذا فان دراستها بالتفصيل تعد من أساسيات فهم عملية المعالجة البيولوجية .

وهي كائنات دقيقة وحيدة الخلية ،تتواجد بالاف الأنواع في الطبيعة في الماء والهواء والتربة يتكاثر معظم أنواعها بالانقسام الثنائي ، وبالرغم من ذلك هناك أنواع من البكتريا تتكاثر بالتكاثر الجنسي او بالتفرع ، ويندرج معظمها تحت ثلاث أنواع رئيسية تبعا لشكلها وهي الكروية والآسطوانية (العصوية الشكل) والحلزونية (اللولبية) ، وحجم البكتريا عموما يتراوح من ٠,١ الي ١٠ ميكرون ، وتختلف البكتريا في الحجم من نوع لاخر ، فمثلا البكتريا الكروية الشكل يتراوح

قطرها من ٠,٥ ميكرون الي ١ ميكرون ويتراوح عرضها من ٠,٥ ميكرون الي ١ ميكرون ،اما البكتريا الأسطوانية فيتراوح طولها من ١,٥ميكرون الي ٣ ميكرون وعرضها من ٠,٥ ميكرون الي ٥,٠ ميكرون ،بينما يبلغ طول البكتريا الحلزونية من ٦,٠ الي ١٥ ميكرون (الميكروميتر هو ١/١٠٠٠٠٠٠ من المتر(= µm) 1/1000000 meter

وتعد البكتريا من اكثر الكائنات الممرضة في مياه الصرف وذلك لان اعدادها في السنتيمتر المكعب الواحد تعد بالملايين وأنواعها بالالاف ، والبكتريا (سواء كانت هوائية او لاهوائية او متحولة) لها دور هام واساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي .

٢- البروتوزوا والروتيفيرا

البروتوزوا (الأوليات) كائنات اولية ميكرسكوبية لها القدرة علي الحركة، ومعظم البروتوزوا غيرذاتية التغذية وهوائية اي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ، علي الرغم من وجود أنواع قليلة منها لاهوائية. والبرتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا اذ يتراوح حجمها بين ١٠ الي ١٠٠ ميكرون وقد تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها .وفي الواقع فان البرتوزوا تعمل كملمع ومروق للمياه الخارجة من محطات التنقية حيث تستهلك وتلتهم البكتريا السابحة وجزيئات المواد العضوية الدقيقة .

ومعظمها يتكاثر بالانقسام الثنائي البسيط وهي لا يمكنها تمثيل كل عوامل النمو اللازمة لها لذلك فهي تعتمد علي البكتريا في امدادها بمعظم عناصر نموها.

وتوجد الأوليات عموما في عمليات الحمأة المنشطة ، والمرشحات البيولوجية ، وبحيرات الأكسدة وتوجد اربعة أنواع رئيسية من البرتوزوا وهي كالاتي

Stalked Ciliates - Free swimming Ciliates - Mastigophora - Sarcodina

Sarcodina نوع من الطفيليات عبارة عن تركيب اميني خلوي يتحرك بالاقدام الكاذبة ، اما Ciliates فهي كائنات متحركة عن طريق الاسواط كما تحتوي علي أهداب وهي شعيرات صغيرة حساسة تجمع بيها الغذاء وهذه الاهداب تجعلها تتحرك بحركة حرة او بطريقة بسيطة تشبة نقل الخطي بحذر .

ومن اشهر أنواع البرتوزوا (الاوليات) الهدبية المنتشرة في مياه الصرف الصحي الأنواع الاتية :-

Aspidisca costata, Carchesium polypinum, Chilodonella uncinata, Opercularia coarcta and O. microdiscum, Trachelophyllum pusillum, Vorticella convallaria and V. microstoma.

أما الروتيفيرا فتتبع المملكة الحيوانية وهي كائنات دقيقة غير ذاتية التغذية هوائية ومتعددة الخلايا وأسمها قد اشتق لوجود مجموعتين من الاهداب في رأسها ولهذا يمكن تسميتها الهدبيات وهذه الاهداب حرة الحركة و تدور حول نفسها مما يعطيها القدرة علي التحرك واصطياد الغذاء .

والروتيفيرا مستهلك جيد للبكتريا المنتشرة في المياه والمخلوط السائل بأحواض التهوية وايضا مستهلك جيد للبكتريا التي كونت الندف وتتغذي ايضا علي جزيئات المواد العضوية الدقيقة.

ووجود الروتيفيرا في المياه الخارجة من المعالجة دليل جيد علي معالجة بيولوجية ممتازة وخاصة المعالجة الهوائية.

وعموما البروتوزوا والروتيفيرا تزيل وتخلص المياه الخارجة من البكتريا الحرة السابحة والبكتريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية التنقية وتخفيض عدد البكتريا الممرضة .

أهمية ودور البرتوزوا والروتيفيرا في عملية المعالجة البيولوجية وتاثيرها علي خصائص وجودة المياه الخارجة تتضح من خلال الجدول التالي

جدول ١-٤

جودة المياه الخارجة في وجود أو غياب البرتوزوا والروتيفيرا

جودة المياه الخارجة Effluent Quality	غياب الهدبيات Ciliates Absence	وجود الهدبيات Ciliates Present
الأكسجين الكيماوي المستهلك COD mg / l	٢٥٤–١٩٨	١٤٢–١٢٤
النتروجين العضوي Organic Nitrogen mg / l	٢٠–١٤	١٠–٧
المواد العالقة Suspended Solids mg / l	١١٨–٨٦	٣٤–٢٦
البكتريا 10^6 Bacteria	٤٢ – ٢٩	١٢–٩

نلاحظ من الجدول ان وجود الهدبيات قد زاد من كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي اصبحت المياه اكثر نقاء وزادت جودة المياه الخارجة وذلك من خلال النتائج التالية :–

وجود الهدبيات عمل علي تخفيض الأكسجين الكيمائي المستهلك في المياه الخارجة بنسبة ٤٤% .

وعلي تخفيض النتروجين العضوي في المياه الخارجة بنسبة ٥٠ %.

وعلي تخفيض المواد العالقة في المياه الخارجة بنسبة ٧٠ %.

وعلي تخفيض البكتريا في المياه الخارجة بنسبة ٧١%.

٣–الطحالب

الطحالب كائنات أما وحيدة الخلية او متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد علي غذائها علي ضوء الشمس حيث تقوم بعملية البناء الضوئي ، وللطحالب دور هام في المعالجة البيولوجية وذلك لسببين وهما :

اولا في بحيرات الأكسدة بانتاجها الأكسجين من خلال عملية البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك خلال النهار ، وعملية انتاج الأكسجين هذه هامة جدا للبيئة المائية الموجودة فيها الطحالب من حيث احداث توازن وثبات بيئي مفيد لكثير من الكائنات داخل تلك البيئة المائية ، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة.

ومن هنا يوجد علاقة تعاونية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الأستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود في داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الاخري .

ثانيا تاتي أهمية الطحالب في عمليات المعالجة البيولوجية من حيث خطورة تراكم الطحالب داخل المياه المعالجة والتي قد تجد طريقها الي المسطحات المائية كالانهار والبحيرات مسببة بعض المشاكل البيولوجية ، فنمو الطحالب غير المرغوب فيها ، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت الطحالب للارض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

ومن أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه هو وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين، ولهذا ينصح العلماء بازالة النيتروجين من المياه المعالجة او إزالة الفسفور أو كليهما .

٤- الديدان

توجد في مياه المجاري كائنات تسمي الكائنات ذات الاشكال الارقي في الحياه ، وتتميز هذه الكائنات بانها أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة . ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات بالعين المجردة ومن أمثلتها الديدان ويرقات الحشرات وبعض القشريات ، وتتميز بقدرتها علي تمثيل

الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة الي مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها او تكسيرها ، كما ان دورة حياتها معقدة .

وتعيش الديدان جيدا في وفرة الأكسجين الذائب وزيادته وتوافر الغذاء البكتيري

وتتواجد باعداد وكميات كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والاقراص البيولوجية الدوارة.وحركة الديدان داخل مياه الصرف تسمح بتغلغل وانتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما انها تقوم بحصد وتجميع اعداد كبيرة من البكتريا كغذاء لها ، وتقوم بتدوير المواد المغذية (النتروجين والفسفور).

٥- الفيروسات

الفيروسات ابسط وأصغر الكائنات الدقيقة ، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠,١ الي ٠,٣ ميكرون ، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نووي محاط به بروتين . وكل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية ، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من اشهرها امراض الجدري ، الالتهاب الكبدي الوبائي ، شلل الاطفال والايدز بالاضافة الي مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي .

والحقيقة انه بالنظر الي لعدم قدرة الفيروسات علي الحياه خارج الخلية الحية بالاضافة علي قدرتها علي التبلر ، فانه تم وضع وتصنيف الفيروسات علي الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية.

ويستلزم للتعرف ورؤية الفيروسات اجهزة دقيقة جدا من أهمها الميكرسكوب الالكتروني،كما ان عمليات احصاؤها تستلزم تقنيات خاصة .

وتحتوي مياه المجاري الخام علي اعداد وأنواع هائلة من الفيروسات كما انها توجد كذلك في معظم المسطحات المائية الملوثة والمعرضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي والزراعي . والجدير بالذكر ان حجمها الدقيق جدا يحول دون ازالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معلجة المياه بالطرق التقليدية،الا أنه

اولا في بحيرات الأكسدة بانتاجها الأكسجين من خلال عملية البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك خلال النهار ، وعملية انتاج الأكسجين هذه هامة جدا للبيئة المائية الموجودة فيها الطحالب من حيث احداث توازن وثبات بيئي مفيد لكثير من الكائنات داخل تلك البيئة المائية ، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة.

ومن هنا يوجد علاقة تعاونية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الآستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود في داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الاخري .

ثانيا تاتي أهمية الطحالب في عمليات المعالجة البيولوجية من حيث خطورة تراكم الطحالب داخل المياه المعالجة والتي قد تجد طريقها الي المسطحات المائية كالانهار والبحيرات مسببة بعض المشاكل البيولوجية ، فنمو الطحالب غير المرغوب فيها ، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالآسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت الطحالب للارض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

ومن أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه هو وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين، ولهذا ينصح العلماء بازالة النيتروجين من المياه المعالجة او إزالة الفسفور أو كليهما .

٤- الديدان

توجد في مياه المجاري كائنات تسمي الكائنات ذات الاشكال الارقي في الحياه ، وتتميز هذه الكائنات بانها أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة . ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات بالعين المجردة ومن أمثلتها الديدان ويرقات الحشرات وبعض القشريات ، وتتميز بقدرتها علي تمثيل

الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة الي مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها او تكسيرها ، كما ان دورة حياتها معقدة .

وتعيش الديدان جيدا في وفرة الأكسجين الذائب وزيادته وتوافر الغذاء البكتيري

وتتواجد باعداد وكميات كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والاقراص البيولوجية الدوارة.وحركة الديدان داخل مياه الصرف تسمح بتغلغل وانتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما انها تقوم بحصد وتجميع اعداد كبيرة من البكتريا كغذاء لها ، وتقوم بتدوير المواد المغذية (النتروجين والفسفور).

٥- الفيروسات

الفيروسات ابسط وأصغر الكائنات الدقيقة ، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠,١ الي ٠,٣ ميكرون ، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نووي محاط به بروتين . وكل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية ، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من اشهرها امراض الجدري ، الالتهاب الكبدي الوبائي ، شلل الاطفال والايدز بالاضافة الي مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي .

والحقيقة انه بالنظر الي لعدم قدرة الفيروسات علي الحياه خارج الخلية الحية بالاضافة علي قدرتها علي التبلر ، فانه تم وضع وتصنيف الفيروسات علي الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية.

ويستلزم للتعرف ورؤية الفيروسات اجهزة دقيقة جدا من أهمها الميكرسكوب الالكتروني،كما ان عمليات احصاؤها تستلزم تقنيات خاصة .

وتحتوي مياه المجاري الخام علي اعداد وأنواع هائلة من الفيروسات كما انها توجد كذلك في معظم المسطحات المائية الملوثة والمعرضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي والزراعي . والجدير بالذكر ان حجمها الدقيق جدا يحول دون ازالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معلجة المياه بالطرق التقليدية،الا أنه

الملوّثات ذات الأولوية	تضمّ مركبات عضوية وغير عضوية، وقد تكون سميّة وسرطانية و مولّدة للتغييرات الوراثية أو التشوهات الخلقية.
المواد العضوية الشديدة المقاومة	تقاوم طرائق المعالجة التقليدية للمياه العادمة، وتضمّ ا لعوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية. الثانوية وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجيا وتحتاج الي معالجة كيميائية وفيزيائية لازالتها، حيث انها تقاوم طرق المعالجة التقليدية ، وتراكم هذه المواد يسبب ضررا شديدا بالبيئة . وقد تشمل تلك المواد بعض انواع المنظفات الصناعية والتي هي مواد خافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وفي المياه السطحية التي تصرف عليها.
المعادن الثقيلة	تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية . وهي تسبب سمية شديدة وتلوثا كبيرا وذلك في حالة اعادة أستخدام المياه المحتوية علي تركيزات معينة منها ، ولذلك ينصح بعدم أستخدام المياه المحتوية علي العناصر الثقيلة في الري والزراعة . ويجب إزالتها من مياه الصرف قبل إعادة استخدامها.
المكوّنات المذابة غير العضوية	تضمّ الكالسيوم والصوديوم والكبريتات، وتضاف غالبًا إلى المياه المعدّة للاستخدام المنزلي ويجب إزالتها لإعادة استخدام مياه الصرف.
المغذيات (مواد الاثراء الغذائي) Nutrients	وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الدقيقة تحتاج المغذيات في نموها وتكاثرها ولو بنسب ضئيلة . من أهمها النتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالانهار والبحيرات تؤدي الي نمو الطحالب غير المرغوب فيها ، وايضا وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت للارض تسبب تلوثا للمياه الجوفية .
المصدر Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill2002,	

ونظرا لطبيعة كل ملوث من الملوث السابقة اذ ان كل ملوث له ما يميزه من الصفات والخصائص الفيزيائية والكيميائية ولهذا فان طرق ازالته أو التخلص منه تختلف من ملوث لاخر وقد تتشابه طرق التخلص لاكثر من ملوث وقد تنفرد ملوثات معينة بطرق خاصة وذلك لطبيعتها . وعموما فان طرق التخلص هي نفسها

انظمة المعالجة اذ ان المعالجة تهدف اساس الي التخلص من الملوثات لهذا سنري ان طرق التخلص للملوثات اما ان تكون طرق فيزيائية أو كيميائية او بيولوجية .

ويبين الجدول التالي طرق وعمليات المعالجة المختلفة المناسبة لكل عنصر من عناصر الملوثات بمياه الصرف.

جدول رقم ١-٧

عمليات المعالجة المختلفة للملوثات

طرق وانظمة المعالجة Unit Operation, Unit Process, or Treatment Systems	عنصر التلوث Contaminate
Screening and comminuting التصفية والتجميع Grit and Sand Removal ازالة الرمال Sedimentation الترسيب Filtration الترشيح Floatation الطفو Sedimentation / اضافة المواد المروبة ثم الترسيب Addition of Coagulants	المواد العالقة Suspended Solids
Activated Sludge الحمأة المنشطة Rotating Biological Contractors الاقراص البيولوجية الدوارة Aerated lagoons أحواض التهوية(البحيرات المهواة) Intermittent Sand Filters المرشحات الرملية المتقطعة Chemical and Physical Systems العمليات الكيمائية والفيزيائية	المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا Biodegradable Organics
Air Striping ضخ وتخطيط بالهواء Off gas Treatment المعلجة بطرد وصرف الغازات Carbon Adsorption الادمصاص الكربوني	المواد العضوية المتطايرة Volatile Organics

Chlorination الكلورة Ozonation التطهير بالاوزون Hypochloration التطهير بالهيبوكلوريت Bromine chloride التطهير بالبروميد U.V Radiation التعقيم بالاشعة فوق البنفسجية Gamma radiation التطهير باستخدام اشعة جاما	الكائنات المسببة للامراض Pathogens
Lime Coagulation and Sedimentation المعالجة بالصودا ثم الترسيب Metal Salt Addition اضافة الاملاح المعدنية Natural Systems الأنظمة الطبيعية Biological and Chemical Treatment المعالجة البيولوجية والكيمائية Biological N2 and P Removal المعالجة البيولوجية لازالة النتروجين والفسفور	المغذيات Nutrients
Carbon Adsorption الادمصاص الكربوني Ozonation Treatment المعالجة بالاوزون Natural systems الأنظمة الطبيعية	المواد العضوية التخليقية Refractory Organics
Chemical precipitation الترسيب الكيمائي Ion Exchange التنبادل الأيوني Filtration الترشيح	Heavy Metals العناصر الثقيلة
Ion Exchange التبادل الأيوني Reverse Osmosis التناضح العكسي	المواد العضوية الذائبة Dissolved Organic Solids
المصدر Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill2002,	

١-٨. خيارات التخلص من مياه الصرف الصحي

تتعد طرق التخلص من كل مخلفات الإنسان، سواءً كانت ناتجة من استخدام منزلي في الغسل والتنظيف، أو من استخدام شخصي مثل الاستحمام وصرف الفضلات البشرية. وكما تحتوي مياه الصرف الصحي على فضلات الإنسان ومخلفاته، فهي

تحتوي كذلك على نسبة كبيرة من الكيماويات السامة، التي يستخدمها الإنسان في الغسل والنظافة والتخلص من الحشرات.وتحتوي مياه الصرف الصحي، كذلك، على نسبة عالية من الأملاح، فبول الإنسان مثلاً يحتوي على نسبة عالية من اليوريا والأملاح الضارة بالجسم، التي يتخلص منها بطرحها إلى الخارج. كذا يحتوي البول، في بعض الأحيان، على بويضات لبعض الطفيليات، مثل البلهارسيا، وبعض أنواع الميكروبات. أما الغائط، ففضلاً عن احتوائه على مخلفات الطعام والمواد الصلبة، التي لا يستطيع الجسم هضمها، فإنه يحتوي على البكتيريا والفيروسات المعوية، ومنها: فيروس شلل الأطفال، بالإضافة إلى بيض وأطوار كثير من الطفيليات.

ويتخلص الإنسان من مياه الصرف الصحي، بوسائل عدة، منها: صرفها في المسطحات المائية، مثل: البحار والمحيطات، أو صرفها في الصحاري والأراضي غير المسكونة.

إلا أن التخلص من مياه الصرف الصحي، التي لم تعالج بشكل سليم، يؤدي، في كثير من الأحيان، إلى عودة الملوثات إلى الإنسان، مع مياه الشرب، الأمر الذي يؤدي إلى انتشار الأوبئة والأمراض المختلفة.

فبالنسبة إلى الصرف في المجاري والمسطحات المائية، فإن وصول كميات كبيرة، من المواد العضوية المنصرفة في مياه الصرف الصحي، إلى مياه الأنهار، يؤدي إلي تنشيط البكتيريا المحللة، وازدياد أعدادها، فاستهلاكها، استطراداً، لكميات كبيرة من الأوكسجين، المذاب في الماء. ويؤدي استهلاك الأوكسجين، إلى ازدهار أنواع أخرى من البكتيريا اللاهوائية، التي يمكنها تحليل المواد العضوية، في غياب الأوكسجين، منتجة غازات عطنة، مثل كبريتيد الهيدروجين السام للأحياء المائية، التي تعيش في الأنهار.

إلا أنه ومع تقدم التقنية العلمية واكتمال بناء محطات المعالجة قلت نسبة التلوث، الناتج من الصرف الصحي عما كانت عليه في السبعينيات.

أما بالنسبة إلى التخلص من مياه الصرف الصحي، في الصحاري، والمناطق غير المسكونة، فإن ذلك يؤدى إلى تلوث الهواء، خصوصاً في المناطق المجاورة. كما قد تتسرب مياه الصرف الصحي في المخزون الجوفي، فتلوث المياه الجوفية. وقد تحمل الرياح بعض الجراثيم، الموجودة في مياه الصرف إلى المناطق السكنية المجاورة فتعمل على انتشار العدوى والأوبئة.

وعموما يعتمد التخلص من مياه الصرف على نوعيتها وعلي مجال استخدام المياه المعالجة فيما بعد وعلي طبيعة المصادر المستقبلة لهذه المياه ، والخيارات التالية هي الخيارات المختلفة الشائعة للتخلص من مياه الصرف:

١–ان تصرف مباشرة الي أقرب مجري مائي بدون تخفيف .

٢– ان تصرف مباشرة الي اقرب مجري مائي بعد تخفيفها باية مياه اخري .

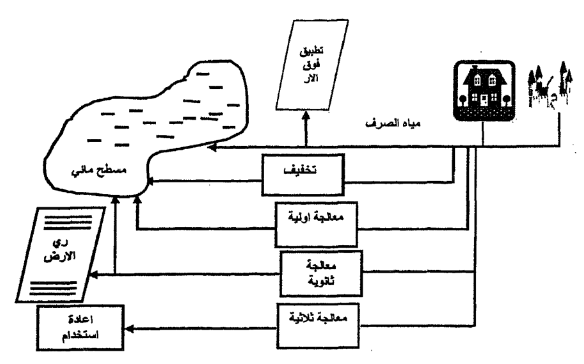
٣–ان تصرف مباشرة الي أقرب مسطح ارضي بدون تخفيف .

٤– ان يجري عليها معالجة اولية أو ابتدائية لتصبح مواصفاتها ضمن الحدود التي تسمح بصرفها مباشرة إلى المسطحات المائية .

٥–ان يجري عليها معالجة ثانوية لتصبح مواصفاتها ضمن الحدود التي تسمح باعادة استخدامها في الري أو الزراعة.

٦– ان يجري عليها معالجة ثلاثية متقدمة ليمكن استخدامها بدرجة اكبر في العمليات الصناعية أو شحن للمياه الجوفية أو في حمامات السباحة أو مزارع الاسماك أو كمصدر للشرب.

والشكل التالي يمثل مخططا لخيارات التخلص من مياه الصرف والتي من ضمنها خيار المعالجة.



شكل ١-١١ خيارات التخلص من مياه الصرف الصحي

١-٨-١. الاثار البيئية لصرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة

يؤدى إطلاق مياه صرف غير معالجة أو غير مطابقة للاشتراطات البيئية إلى أحد التأثيرات السلبية التالية:

- ☐ تدهور مصادر المياه الجوفية فى حالة التخلص من مياه الصرف بالحقن تحت التربة أو الصرف على الأرض.
- ☐ تدهور نوعية المياه المستقبلة فى حالة التخلص من مياه الصرف فى المصارف الزراعية أو القنوات.
- ☐ يمكن أن يؤدى وجود مواد مسببة للتآكل فى مياه الصرف إلى تآكل أنظمة التجميع المتصلة بالشبكة العمومية.
- ☐ يؤثر علي الاتزان البيولوجي والكيميائي لكثير من المسطحات المائية المستقبلة
- ☐ تحول المكان المستقبل للصرف الغير معالج الي مصدر للاوبئة

والامراض سواء كانت ارض زراعية او مسطح مائي عذب أو مالح وذلك لاحتواء الصرف الغير معالج لكثير من الممرضات .

<u>خطورة صرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة علي المسطحات المائية</u>

منذ مئات السنين استخدمت المسطحات المائية لاستقبال المخلفات السائلة ، مما جعلها وسيلة لتجميع المخلفات السائلة والملوثات الاخري ، ونقلها من مكان لاخر ، مما ادي الي تلوث معظم هذه المسطحات المائية وفقدت صفاؤها ونقائها.

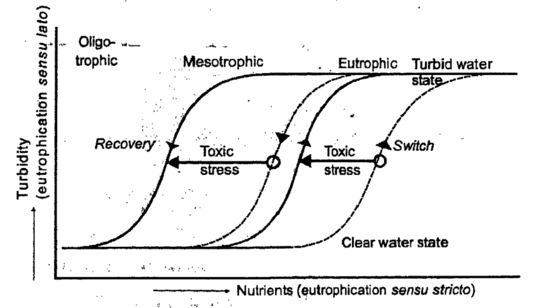
وزيادة تلوث المسطحات المائية يزيد بدوره من تكاليف تنقية ومعالجة هذه المسطحات وخاصة عند أستخدامها في مياه الشرب والأستعمالات المنزلية .

ومياه الصرف الصحي الغير معالجة تحتوي علي كميات عالية من الامونيا والنترات بالاضافة الي العديد من الكائنات الممرضة والتي تصل بسهولة عند صرفها الي المسطحات المائية المختلفة مما يوثر علي الاتزان البيولوجي والكيميائي لكثير من المسطحات المائية وخاصة المسطحات العذبة كالانهار والبحيرات العذبة والبحار المغلقة وذلك لان هذه المسطحات ليست كبيرة الحجم كالبحار والمحيطات وبالتالي فان استيعابها للمخلفات السائلة وعمل تخفيف لها داخل مياه هذه المسطحات يتم بدرجة محدوده كما ان المسطحات المائية العذبة اكثر حساسية تجاة كثير من المركبات الضارة والتي يمكن ان تتواجد في المخلفات السائلة ، ومن ثم فان صرف المخلفات الصرف الصحي من دون معالجة يسبب كثير من المشاكل البيئية والتي من أهمها المشاكل التالية :-

* التحلل الذاتي للمسطحات المائية
* استنفاد ونضوب الأكسجين الذائب
* السمية (الاثار السامة).
* تاثير الامونيا علي كفاءة التطهير بالكلور
* أنتشار الامراض المنتقلة بالماء
* التحلل الذاتي للمجاري المائية

من المعروف ان مياه المجاري غنية جدا بالمواد العضوية بالاضافة الي النتروجين والفسفور مما يؤدي الي زيادة عمليات التمثيل الغذائي للطحالب ، كما تنشط البكتريا بانواعها المختلفة وتزيد من النشاط والتحلل البيولوجي مما يؤدي الي استنزاف الأكسجين ويترتب علي ذلك قتل اعداد كبيرة من الاسماك والاحياء المائية وبذلك تتعفن المياه لزيادة نشاط الكائنات اللاهوائية وتصبح غير صالحة للحياه وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة التشبع الغذائي Eutrophication

والشكل التالي يبين العلاقة بين حدوث التشبع الغذائي وزيادة المغذيات في المياه حيث يتضح انه بزيادة تركيزات المغذيات كالنتروجين والفسفور في الماء يزداد عكارة الماء نتيجة لزيادة طبقات الرواسب وبزيادة العكارة يقل أو ينعدم ضوء الشمس مما يؤدي الي موت الطحالب وتحلل ويزداد استنزاف الاكسجين الذائب اكثر وأكثر الي ان يحدث تحول البحيرة الي مستنقع يزداد ففيه النشاط اللاهوائي فقط .



شكل ١-١٢ العلاقة بين حدوث التشبع الغذائي وزيادة المغذيات
المصدر (adapted from Scheffer et al. 1993)

وتتكرر هذه الظاهرة في كثير من المجاري المائية التي تزداد فيها نسبة المواد الغذائية بشكل كبير ، وتظهر بصفة خاصة في البحيرات المغلقة (لعدم تجديد المياه داخلها) ويقال عندئذ ان البحيرات قد تقدمت بها السن ، الي ان ينتهي بها الامر الي ان تتحول الي مستنقعات تتشابك فيها البقايا النباتية وتصعب فيها الملاحة وتصبح غير صالحة لاي نوع من الاستخدام وخاصة اذا كانت تحتوي علي نسبة كبيرة من الاملاح الذائبة .

وتبدأ ظاهرة التشبع الغذائي Eutrophication من خلال ثلاث مراحل :

أولا تتكون طبقة بسيطة من الطحالب ثم تبدا في النمو والتضخم.

ثانيا تزيد طبقة الرواسب الفوسفاتية.

ثالثا تموت الطحالب الموجودة في القاع (لبعدها عن مصادر الضوء والشمس) مما يؤدي لعدم تعويض الاكسجين لغياب الطحالب وتستهلك البكتريا البقية الباقية من الاكسجين الذائب وبالتالي تموت الاسماك والاحياء المائية .

* استنفاد ونضوب الأكسجين الذائب

وجود الامونيا في المياه يعمل علي استنفاد الأكسجين الذائب فمليجرام من الامونيا يجهد ٤,٦ مليجرام من الأكسجين الذائب ،والأكسجين الذائب المستهلك بواسطة بكتريا النيترة nitrifiers يسمي الأكسجين النيتروجيني المستهلك ونضوب الأكسجين له اثر ضار جدا علي الاحياء المائية التي تعتمد عليه في تنفسها

*السمية (الاثار السامة)

تتعلق درجة سمية مياه الصرف الصحي الخاضعة لعملية الكلورة بتركيز الأمونيا في هذه المياه قبل إخضاعها للتطهير بالكلور الفعال، حيث يشكل الكلور مع الأمونيا المتواجد عادة في مياه الصرف الصحي اتحادات الكلور أمين. تعتبر

اتحادات الكلور أمين مفاعلات تطهير سيئة نسبياً، فحتى نتمكن من الحصول على فعالية تطهير للكلور أمينات مشابهة لفعالية تطهير الكلور الفعال لابد من زيادة كلاً من جرعة الكلور الأولية وفترة التماس لهذه الاتحادات مع المياه، إضافة إلى أن تواجد الأمونيا في مياه الصرف الصحي يخفض بشكل كبير جداً من إمكانية تواجد HOCl ضمن قيم pH الشائعة لمياه الصرف الصحي، كما أن الكلور أمينات مركبات قاتلة للأسماك حتى في حالات القيم المنخفضة جداً لتراكيزها المتبقية في المياه.

والامونيا غير المتأينة سامة للاسماك ، والامونيا في وسط متعادل للاس الهيدروجيني تكون في صورة امونيوم بينما يزداد تركيز الامونيا عند اس هيدروجيني اكبر من ٩,٠ .

*تاثير الامونيا علي كفاءة التطهير بالكلور

يتحد الكلور مع الأمونيا المتواجد عادة في مياه الصرف الصحي مكونا مركبات الكلور أمين وتعتبر االكلور أمين مفاعلات تطهير سيئة نسبيا ، والكلورمينات لها تأثير ضعيف علي قتل وابادة الجراثيم اقل من تاثير الكلور المتبقي الحر في المياه .

ومن ثم فصرف مياه تحتوي علي تركيزات عالية من الامونيا يعمل علي زيادة استهلاك الكلور اللازم للتطهير فوجود الامونيا يعمل علي انخفاض كفأءة التطهير بالكلور عند استخدام مياه المسطحات المائية كمصدر من مصادر مياه الشرب التي يلزم تطهيرها قبل استعمالها .

* أنتشار الامراض المنتقلة بالماء

تحتوي مياه الصرف الغير معالجة علي كثير من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات الضارة والتي يكون مصدرها غالبا الفضلات البشرية الصلبة (البراز) للمرضي وايضا يعد صرف مخلفات المستشفيات والمراكز العلاجية لمياه صرفها دون تعقيم أو تطهير من أهم مصادر وصول الكائنات

الممرضة لمياه الصرف الصحي . وقد تجد هذه الكائنات عند وصولها للمسطحات المائية بيئة مناسبة لتكاثرها وانتشارها مما قد يزيد من خطورة انتشار الامراض هن طريق الماء الملوث بهذه الممرضات وبالتالي يزيد من تكاليف تطهير المياه في حال التفكير باستخدامها كمصادر من مصادر مياه الشرب .

تلحق الأمراض المتعلقة بالماء ضررا فظيعا بصحة الإنسان،وهذه الأمراض أنواع كثيرة، ولكنها جميعا لها علاقة مباشرة بالحاجة إلى مياه نظيفة. وينشأ العديد من تلك الأمراض ببساطة بسبب عدم توفر مياه للشرب أو استعمال مياه ملوثة مثل مياه الانهار الملوثة بمخلفات المجاري .

وثمة خمسة أنواع من الأمراض المعدية المتعلقة بالماء.

- التي يحملها الماء
- والتي يجرفها الماء
- والتي تعيش في الماء
- والتي تنقلها الحشرات المتعلقة بالماء
- والأمراض الناجمة عن خلل في الصحة العامة الوقائية.

خطورة صرف مياه الصرف الصحي الغير معالجة علي البحار والمحيطات

ينتشر هذا الأسلوب في صرف مياه المجاري في المدن الساحلية والتي لها منفذ بحري ، وذلك علي اساس ان البحار المفتوحة والمحيطات اجسام مائية كبيرة تقوم بعمل تخفيف مناسب للملوثات والشوائب والبكتريا الموجودة في المخلفات ، كما ان للمسطحات المائية الكبيرة القدرة علي التنقية الذاتية واستيعاب كميات مناسبة من الملوثات .

المحيطات المفتوحة يساعد المد والجزر والتيارات البحرية فيها علي تخفيف وهضم المخلفات ، اما البحار شبه المقفلة مثل حوض البحر الابيض المتوسط الذي يمتزج ماؤه ببطء مع المحيط الاطلنطي فقدرته علي استيعاب المخلفات محدودة .

واصبح البحر المتوسط نتيجة لصرف اكثر من ١٢٠ مدينة مطلة عليه مخلفاتها والتي تتنوع من مخلفات صرف صحي او مخلفات صناعية شديدة التلوث بحيرة ملوثة ، وباءت جميع المحاولات بالفشل لجعله نظيفا وخاليا من التلوث ، وقدرت الامم المتحدة الي احتياج البحر المتوسط الي ٨٠ عاما وذلك لتجديد مياهه من مياه الاطلنطي حيث ان ملوحة المحيط اقل من ملوحة البحر المتوسط ، وغالبا تقوم كثير من الدول بصرف مخلفاتها السائلة في البحر بدون معالجة او بعد معالجة ابتدائية او اولية ، مما ينعكس بصورة كبيرة علي الأحياء المائية الموجودة في البحر وخاصة الأسماك والكائنات البحرية .

وهذه الحقائق جعلت الدول المتقدمة والمتحضرة تغلق المصبات البحرية للمدن الساحلية واعادة أستخدام مياه الصرف المعالجة للاستفادة منها ولحماية السواحل والشواطيء .

<u>اثار صرف مياه الصرف علي البحار</u>

ا- تدمير الثروة السمكية عن طريق اتلاف مواقع تكاثر الأسماك .

ب- اهلاك الشعاب المرجانية الخلابة وموت كثير من الكائنات البحرية التي تتخذها ماوي لها

ج- انتشار الأمراض نتيجة التلوث الشديد.

د- تركم المواد السامة والمعادن الثقيلة في اجسام الكائنات البحرية وخاصة الأسماك

ه- زيادة كمية الاعشاب البحرية والمواد العالقة والعكارة.

و- الاخلال بالتوازن البيئي داخل البحار مما يودي الي انقراض كثير من الأنواع البحرية وازيادة انواع اخري ضارة .

وبالنظر إلى ما سبق فإن اتباع نظام صرف يتسم بالتخطيط، التصميم، التشغيل، والرصد الملائم سيؤدى بالتأكيد إلى حماية البيئة بما فى ذلك الموارد المائية، والصحة العامة .ويؤدى هذا إلى آثار اجتماعية واقتصادية إيجابي.

١-٩. طرق وعمليات معالجة مياه الصرف

عمليات معالجة مياه الصرف

مما سبق يتضح ان الهدف الآساسي لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي هو القضاء علي أكبر نسبة ممكنة من ملوثات المياه وذلك عن طريق ازالة اقصي كمية ممكنة من المواد العضوية وغير العضوية والكائنات الممرضة بحيث يؤدي أسلوب التخلص النهائي من هذه المياه الي عدم المساس بالهدف المرجو من المعالجة ودون الاضرار بالبيئة باي صورة من الصور ، وايضا اضيف اخيرا أمكانية الآستفادة القصوي من المياه المعالجة كمورد هام من موارد المياه الغير تقليدية في ظل الظروف العالمية لندرة المياه الصالحة للأستخدام الادمي.

ان خطوات المعالجة المستخدمة تحاكي الخطوات الطبيعية الموجودة في الطبيعة في كيفية معالجة هذه المخلفات درجة المعالجة المطلوبة تختلف من مكان لاخر طبقا للعوامل الأتية :-

* طبيعة وكمية مياه الصرف الصحي.
* الهدف النهائي المطلوب من عملية المعالجة.
* قدرة الموقع النهائي ومدي استيعابه (في حالة الري والزراعة) او النثر السطحي علي الأرض (قدرة الأرض علي استيعاب المخلفات).
* وفي حالة الخلط قدرة المياه المستقبلة علي استيعاب المياه القادمة وقدرتها علي التنقية الذاتية كما في حالة الانهار والمسطحات المائية المختلفة.

بعد تحديد أهداف المعالجة وتنظيم كافة الآسس والقواعد المنظمة والمحددة للمعالجة مثل الظروف البيئية والسكانية والأنشطة الصناعية والمدنية ،وكذلك تحليل

مكونات مياه المجاري الخام المراد معالجتها وتحديد مجال أستعمال وأستخدام المياه التي تم معالجتها ، فانه في هذه الحالة يمكن تصميم وتحديد طرق المعالجة المطلوبة ، ووضع الطرق البديلة المتاحة ايضا لمراعاة كافة الظروف والمتغيرات التي يمكن ان تحدث خلال الانشأءت.

وعموما فان معظم الملوثات الموجودة في المخلفات السائلة يمكن ازالتها والتخلص منها بالطرق الفيزيائية أو، البيولوجية أوالكيميائية.

وتصنف تبعا لوظائف كل طريقة الي الاتي :-

عمليات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

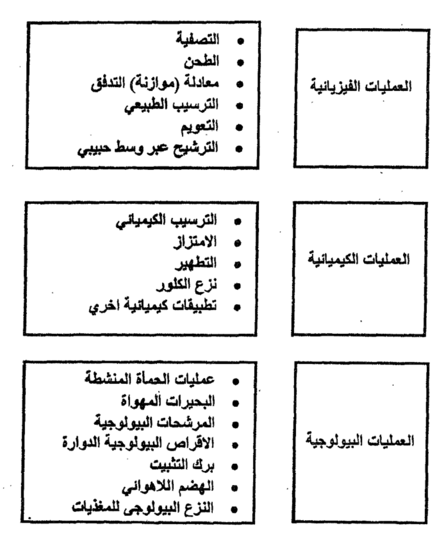
عمليات المعالجة البيولوجية Biological Treatment Processes

عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes

ويتم أختيار طريقة المعالجة تبعا لظروف كل مشروع وحسب الحاجة والغرض المنشا من اجلها وحدات المعالجة ، فيمكن ان تقتصر علي المعالجة الفيزيائية او البيولوجية ، كما يمكن دمج اكثر من طريقة للمعالجة وهذا هو الشائع اذا لا يخلو اي مشروع من وحدات فيزيائية بجانب وحدات كيميائية او بيولوجية .

و تتنوّع عمليات معالجة مياه الصرف كما قلنا بين فيزيائية وكيميائية وبيولوجية .ويبيّن الشكل العمليات التي تندرج في كل فئة.

الشكل ١-١٣ عمليات معالجة مياه الصرف



المعالجة الفيزيائية

بدأ استخدام العمليّات الفيزيائية منذ زمنٍ طويل ولا تزال أساسًا لمعظم أنظمة المعالجة وكانت انظمة المعالجة القديمة تقريبا تقتصر علي وحدات للمعالجة الفيزيائية ، ولا تكاد نجد مشروعا لمعالجة مياه الصرف يخلو من وحدة علي الاقل من وحدات المعالجة الفيزيائية وتعتمد المعالجة الفيزيائية علي العمليات الطبيعية والخواص الطبيعية للمواد

والسوائل كالجاذبية والطفو والحجز بالترشيح والترسيب بالتثاقل والامتزاز . كما انها تشكل أكثر من ٩٠% من العمليات التمهيدية الاولية لمياه الصرف.

ووحدات المعالجة الفيزيائية ذات اهمية كبري في المعالجة اذ تحجز كميات كبيرة من الملوثات كما انها تمهد للعمليات التالية مثل العمليات البيولوجية والكيميائية .

المعالجة الكيميائية

تعمل الوسائل الكيميائية المستخدمة لمعالجة مياه الصرف عن طريق التفاعلات الكيميائية، وتدمج عادة مع العمليّات الفيزيائية والبيولوجية. وتختص بازالة انواع معينة خاصة من الملوثاتالتي يصعب ازالتها بالطرق الفيزيائية والبيولوجية، ومن أهم أضرار هذه العمليات، أنها تراكمية، تساهم في زيادة المواد المذابة في مياه الصرف، وهذا قد يشكل عاملا هامًا لدى إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة في اغراض معينة كالزراعة.

المعالجة الفيزيوكيميائية

وفي هذه النظم من المعالجة تستخدم كل من المعالجة الفيزيائية والكيميائية وتتمثل المعالجة الفيزيائية بوحدات فصل الزيوت بنظام الطفو الهوائي المذاب (Dissolved Air Floatation DAF) ، أما المعالجة الكيميائية فتتمثل في اضافة بوليمرات كيميائية لتسهيل واسراع عملية الطفو ولانه هناك أنواع من المستحلبات تحتاج الي مواد كيميائية مساعدة من اجل فصلها.

المعالجة الكيميائية البيولوجية

ويتم استخدام هذه الطريقة عند وجود نسب مرتفعة من المواد الصلبة الذائبة والعالقة وذلك بهدف تقليل الحمل العضوى للمياه قبل إدخالها على وحدة المعالجة البيولوجية. كما يجب ملاحظة أن الرمال والزيوت والشحوم والمواد الناتجة الأخرى يجب ألا تدخل وحدة المعالجة البيولوجية وذلك لما لهذه المواد من آثار سيئة على البكتريا حيث يمكن ان تقلل من النشاط البكتيري أو توقفه ، ولذلك فإن المعالجة الأولية الجيدة تعطى أداء جيد وثابت لفترة طويلة.

ومن وجهة النظر العلمية، فإن المعالجة الكيميائية الأولية تتيح الفرصة للمعالجة البيولوجية ان تعمل تحت ظروف ثابتة، ولذلك فأنه من الضرورى إجراء الخطوات الآتية قبل الدخول فى مرحلة المعالجة البيولوجية:

- منع دخول أى مواد سامة أو حائلة.
- معالجة مياه الصرف الداخلة والتى قد تكون متغيرة الأحمال نتيجة للتهوية فى أحواض المعادلة.
- فصل الرواسب العضوية والغير عضوية.
- معادلة التذبذب فى الأس الهيدروجينى.

المعالجة البيولوجية

تعتمد المعالجة البيولوجية على النشاط البيولوجي للكائنات الحية الدقيقة فى التخلص من الملوثات. وتستخدم هذه الطرق أساساً من أجل التخلص من المواد العضوية (الرغوية أو الذائبة) القابلة للتحلل بيولوجيا. وتتم هذه العملية من خلال تحويل هذه المواد إلى غازات تتسرب إلى الهواء الخارجي أو إلى نسيج الخلايا البيولوجية (الحمأة) التى يمكن التخلص منها عن طريق الترسيب.

وتستخدم المعالجة البيولوجية أيضا في التخلص من المغذيات (النتروجين والفسفور) وذلك من خلال عمليات التأزت Nitrification ، وعكس التأزت Denitrification بالنسبة للنتروجين ،وتحويل الفسفور الي مركبات ثابتة يسهل الاستفادة منها في اغراض متعددة كالزراعة مثلا .

وفى أغلب الأحيان يمكن معالجة مياه الصرف بيولوجيا مع التحكم البيئى الملائم.

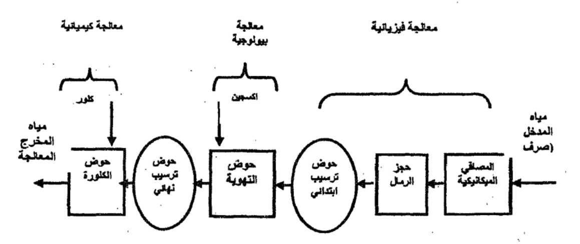
وتتميز المعالجة البيولوجية عامة بانخفاض تكاليف الأنشاء والتشغيل نظرا لأعتمادها علي الكائنات الدقيقة وخاصة البكتريا بأنواعها المختلفة (الهوائية واللاهوائية والاختيارية) في القيام بتكسير وتحلل المواد العضوية والملوثات ، وايضا لندرة أستخدام الكيماويات في المعالجة والتي تزيد من تكاليف التشغيل .

ومن أشهر نظم المعالجة البيولوجية النظم الأتية :-

- عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة وتطبيقاتها المختلفة.
- المرشحات البيولوجية.
- والاقراص البيولوجية الدوارة.
- التأزت (النيترة) وعكس التأزت.
- ازالة الفسفور بيولوجيا
- بحيرات الاكسدة.

وسوف يقتصر هذا الكتاب علي دراسة المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

والشكل التالي يمثل نموذج لمحطة صرف صحي تشمل أنواع المعالجة الثلاثة الفيزيائية والبيولوجية والكيمبائية ،حيث ان المعالجة التمهيدية والأبتدائية تعتمد علي أسس المعالجة الفيزيائية والطبيعية وعمليات الحمأة المنشطة هي عمليات معالجة هوائية بيولوجية وتتم من خلال وحدات المعالجة الثانوية مثل احواض التهوية .أما التطهير بالكلور فيعد من عمليات المعالجة الكيميائية .



شكل ١-١٤ لمخطط محطة لمعالجة مياه الصرف لصحي تشمل عمليات المعالجة البيولوجية والفيزيائية والكيميائية

الباب الثاني

عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

الباب الثاني

عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

٢-١. عمليات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

تعتمد طرق المعالجة الفيزيائية علي الخواص الطبيعية الموجودة في الطبيعة نفسها بدون تدخل الأنسان ، أي القوي الموثرة هي قوي طبيعية التي لاحظها وأكتشفها الأنسان داخل البيئة المحيطة. وبدأ استخدام العمليّات الفيزيائية منذ زمنٍ طويل ولا تزال أساسًا لمعظم أنظمة المعالجة . وتصف الفقرات التالية أكثر هذه العمليّات شيوعًا.

ووحدات المعالجة الفيزيائية هي دائما الوحدات التمهيدية والاولية لكل مشاريع معالجة المخلفات السائلة كما توجد ايضا في مراحل المعالجة الثلاثية المتقدمة كما في حالة التناضح العكسي والامتزاز بالكربون المنشط ، حيث يبدا كل مشروع بوحدات معالجة فيزيائية كمرحلة اولي من مراحل المعالجة وقد ينتهي ايضا بوحدة فيزيائية.

ومن أهم عمليات المعالجة الفيزيائية العمليات الاتية : التصفية،ازالة الرمال، الترشيح ، الطفو ، الترسيب والتناضح العكسي .

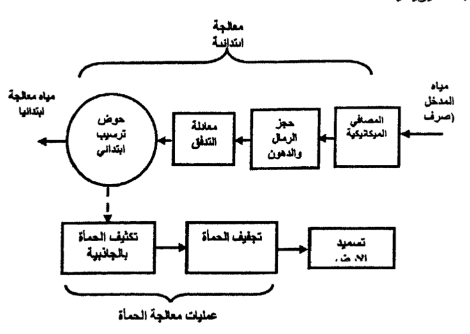
ويبين الجدول التالي أهم الطرق الفيزيائية للمعالجة والهدف من كل طريقة ودورها في المعالجة.

جدول رقم ٢-١

طرق المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

الطريقة الفيزيائية	الهدف منها
المصافي Screens	حجز وفصل المواد والاجسام الكبيرة والمتوسطة مثل الخشب والورق والصفيح والشجر
الطحن Grinding	طحن المواد الصلبة وتحويلها الي مواد اصغر
معادلة التدفق Equalization	لتحسين فعالية عمليّات المعالجة الثانوية والمتطوّرة عن طريق تسوية متغيرات العمليّات، ومنها التدفق
ازالة الرمال Sand and grit removal	ازالة المواد الصلبة الغير عضوية مثل الرمل والحصي
الترسيب Sedimentation	ازالة وترسيب المواد القابلة للترسيب
الترشيح Filtration	تركيز المواد الدقيقة
التناضح العكسي Reverse Osmosis	فصل المواد الصلبة الذائبة وبعض الأيونات
الطفو Floatation	ازالة المواد الصلبة والسائلة ذات الكثافة النوعية القليلة
الطرد المركزي Centrifugation	تركيز المواد الصلبة
التجميد Freezing	تركيز السوائل والحمأة
Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill2002,	

والشكل التالي مخطط لمشروع معالجة صرف صحي يحتوي علي وحدات لعمليات معالجة الفيزيائية



شكل ٢-١ لمخطط محطة لمعالجة مياه الصرف لصحي بها العديد من عمليات المعالجة

٢-٢. أ -التصفيةScreening

وهي مرحلة تعتمد على مبادئ فيزيائية بسيطة في تنقية المياه. اذ تهدف إلى تخليص المياه أولا من النفايات كبيرة الحجم والتي هي غالبا مواد صلبة غير قابلة للتحلل في مياه الصرف (مثل علب الصفيح والبلاستيك والطوب والقماش والعلب الالمونيوم وغيرها) بتمريرها عبر شبكة كبيرة من القضبان المعدنية العمودية أو المنحنية (ما بين ٦٠ إلى ٨٠ درجة عن سطح الأرض) أو المقوسة والتي يطلق عليها اسم المرشح القضباني .

في هذه المرحلة التمهيدية من المعالجة تمر المخلفات السائلة في مصفاة بغرض حجز المواد الطافية الكبيرة الحجم وذلك لحماية المضخات وصيانة المواسير من

الأنسداد (حماية الشبكة الداخلية للمحطة عموما من الانسداد) ، ومنع تواجد المواد الطافية علي سطح الأحواض بشكل يؤذي النظر .

وتؤدّي تصفية مياه الصرف الي حماية معدّات أسفل المجرى ومنع المواد العائمة من دخول خزّانات الترسّب . وتتألّف أجهزة التصفية من قضبان متوازية أو شبكة أسلاك أو صفائح مثقوبة أو غيرها. وتعترض اجهزة التصفية سير المخالفات السائلة ، فتحتجز أمامها المواد الطافية الأكبر من سعه فتحاتها.

ويفضل دائما استخدام المصافي ذات السعة الصغيرة في وحدات المعالجة الابتدائية ، أما المصافي ذات السعه الكبيرة فيفضل استخدامها أمام محطات ضخ مياه الصرف الخام.

ويجري التخلص من المواد المزالة بالتصفية إمّا عن طريق دفنها أو حرقها أو إرجاعها إلى دفق المياه العادمة بعد تنقيتها.

وتصنّف المصافي حسب حجم الفتحات في أربع فئات أساسية :

- المصافي الخشنة
- الدقيقة
- الفائقةالدقة
- الميكروية

فالمصافي الخشنة مثلا تضمّ المصافي ذات القضبان وشبكات تصفية النفايات، التي يمكن تنظيفها بوسائل يدوية وميكانيكية . وتضمّ المعايير المستخدمة في تصميم المصافي حجم القضبان وتباعدها وانحناءها، وعرض القناة، وسرعة التدفق.

والمصافي الدقيقة رغم انها تحجز كميات كبيرة من المواد الطافية الا انها تحتاج للتنظيف باستمرار لأنسداد فتحاتها بسرعة أكبر من المصافي المتوسطة والكبيرة الفتحات.

وغالبا تكون المصافي الدقيقة عبارة عن شقوق في الواح معدنية غالباحديدية وقد تستخدم عدة أنواع من الوسائط ، ضمنها الصفائح المثقوبة وشبكات الأسلاك وقماش الأسلاك المنسوجة . وبسبب فتحاتها الدقيقة، من الضروري تنظيف هذه المصافي باستمرار باستخدام فرشاة أو مبشرة أو تدفق مياه أو بخار أو هواء .وتعتمد فعالية المصافي الدقيقة على دقة الفتحات وسرعة التدفق. تمر خلالها المخلفات السائلة وهي لا تستعمل الا في حالات خاصة منها : -

ا- تصفية المخلفات السائلة قبل صبها في البحر او النهر بدون اي معالجة بعد ذلك (غالبا عندما تكون هذه المخلفات قليلة المحتوي العضوي).

ب- التخفيف عن أحواض ترسيب تتلقي كميات من المخلفات تفوق طاقتها الآستعابية.

ج- وجود مخلفات صناعية تحوي مواد عالقة يصعب ترسيبها .

د- الآستغناء كلية عن أحواض الترسيب الأبتدائية في بعض عمليات المعالجة بالرواسب (الحمأة المنشطة) .

والجدول التالي يبين أنواع المصافي الميكانيكية والتي تستخدم بصورة شائعة في معالجة مياه الصرف الصحي.

جدول ٢-٢

أنواع المصافي الميكانيكية

فئات المصافي	حجم الفتحات مم	التطبيق	انواع المصافي
المصافي الخشنة	اكبر من أو تساوي ٦	إزالة المواد الصلبة الكبيرة والحطام وقطع الصفيح علب البلاستيك	•المصافي ذات القضبان وشبكات تصفية النفايات المنظفة يدويًا •المصافي ذات القضبان وشبكات تصفية النفايات المنظفة ميكانيكيًا - تنظيف أمامي أو خلفي مُدار بسلسلة أو بكابل. - مصافي ترددية كالمشط. - مصافي متسلسلة. - مصافي متواصلة ذاتية التنظيف.
المصافي الدقيقة	١,٥-٦	خفض المواد الصلبة العالقة لمستوى يناسب المعالجة الأولية	•مصافي ذات اسطوانات دوّارة. •مصافي ذات اسطوانات دوّارة مع دفق داخلي وخارجيّ. •مصافي ذات اسطوانات دوّارة عمودية. •مصافي ذات اسطوانات دوّارة منحنية. •مصافي مياه متنقلة. •مصافي ذات شريط متصل •مصافي هزّازة
المصافي الفائقة الدقة	٠,٢-١,٥	خفض المواد الصلبة العالقة لمستوى يناسب المعالجة الأولية	
المصافي الميكروية	٠,٠٠١-٠,٣	خفض المواد الصلبة العالقة لمستوى يناسب المعالجة المتقدمة	

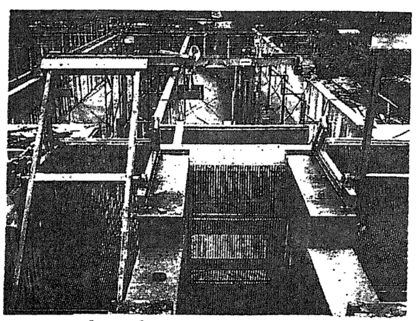
D.H.F. Liu and B.G. Liptak. Wastewater treatment. Florida, Lewis, 1999

وتنقسم المصافي من حيث طريقة تنظيفها الي :

١- مصافي تنظف يدويا (بسيطة التركيب - رخيصة - تحتاج لعمالة دائمة)

٢- مصافي تنظف ميكانيكيا عن طريق امشاط تتحرك فوق المصافي فترفع المواد المحجوزة امامها (اكفأ في التنظيف - مكلفة في تشغيلها وصيانتها - تحتاج لعناية في تشغيلها وصيانتها) .

٣ - مصافي ذات جهاز سحق المواد الطافية ، يقوم الجهاز بتفتيت المواد الطافية وتركها بعد سحقها لترسب في أحواض حجز الرمال (تضيف عبئا علي أحواض حجز الرمال لزيادة الرواسب) .



صورة لاحد المصافي الميكانيكية المنحنية

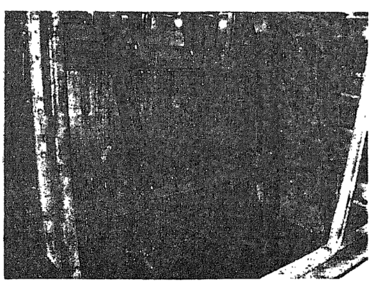
وعملية التنظيف في حد ذاتها هامة جدا سواء كان التنظيف ميكانيكيا او يدويا ، فيجب علي العاملين والمشغلين ان يحافظوا علي المصافي في حالة نظيفة باستمرار لانه في حالة عدم تنظيفها سيسبب ذلك حدوث انسداد ، ومن ثم فانه عند تنظيفها بعد الانسداد سيؤدي ذلك الي تدفق كمية من مياه المجاري المحجوزة في المصفاه

الي داخل محطة المعالجة ، ويسبب ذلك حمل زائد علي وحدات المعالجة وبالتالي الي قصور في كفاءة التنقية .

وبالرغم من ان التنظيف الميكانيكي يعد وسيلة جيدة للتنظيف الا انه هناك بعض المواد التي توجد ملتصقة لا تصل اليها الشوكة الميكانيكية ، وهذا يتطلب ايقاف الوحدة وتنظيفها يدويا .

ويجب علي العاملين الامتناع تماما عن محاولة تنظيف المصافي الميكانيكية وهي تعمل لان ذلك قد يعرضهم الي اخطار شديدة قد تصل الي الصعق بالكهرباء والموت.

فمن الضروري ايقاف الوحدة عن العمل وفصل التيار الكهربي عنها تماما من المصدر الرئيسي للتيار قبل البدء في تنظيفها وصيانتها ، كذلك يجب الحرص من العاملين باتباع قواعد السلامة والامان في الوقوف والاحتراس من الانزلاق او رفع المواد بطريقة خاطئة ويجب ان يقوم بالتنظيف أكثر من فرد وذلك لطلب المساعدة والنجدة عند حدوث اي خطر قد يهدد احد العاملين .



صورة لاحد المصافي الميكانيكية لتصفية مياه الصرف

طريقة تشغيل المصافي

١. تأكد ان مصدر التيار الكهربي للوحدة مفصول تماما وانه قد تـم تنظيـف الاجزاء من المصفاه التي يوجد بها مواد ملتصقة وعالقة يدويا . فقد تلتصـق بعض المخلفات في اماكن بعيدة عن حركة الشوكة الميكانيكية .

٢. قبل البدء في تشغيل اي وحدة ميكانيكية يجب التأكد من ان جميـع اعمـال الصيانة الدورية والوقائية مثل التشحيم وتغيير زيوت المحركات قد تمت علـي اكمل وجه .

اقم بفحص جميع اجزاء الوحدة وتأكد ان جميع الاجزاء ثابتة ومسامير التثبيت ثابتة ومحكمة التربيط وذلك لتفادي الاهنزازات والارتجاج عند تشغيل الوحدة.

٣. بعد تشغيل الوحدة لاحظ حركتها الميكانيكية وتاكد بانها حركة منتظمة خالية من الاهتزاز أوالأرتجاج وانه لا يوجد ما يعوق الوحدة عن العمل ، وعند الشك في وجود أعطال يجب فصل التيار الكهربي والبدء في معرفة طبيعة الاعطال وسببها والعمل علي اصلاحها بفريق الصيانة المتخصص وعن طريق كتيبات الصيانة الخاصة بكل وحدة .

٤. أحرص علي جعل مكان العمل في غاية النظافة وخالي من اية عوائق للسير والعمل ، وغسل الأرضيات دوريا مستعملا المياه وفرش النظافة .

٥. يجب علي العاملين ان يحرصوا علي نقل المخلفات المرفوعة قبل تراكمها ، حيث ان تراكمها يؤدي الي الي توالد الروائح الكريهة ويجعلها مصدرا لتوالـد وتكاثر الذباب والفئران لاحتوائها علي كثير من المواد العضوية .

٦. يجب تسجيل حجم وعدد الناقلات التي تم ملئوها بالمخلفات – فمعرفة حجم وكمية المخلفات هام جدا لمعرفة حجم المكان المخصص لاسـتقبال وتشـوين المخلفات وتقدير التكاليف اللازمة للتخلص من هذه المخلفات .

٧. يجب دائما الحرص علي ترك المصافي الميكانيكية نظيفة سواء كان التنظيف يدويا أو اليا ، حتي لا تصبح المواد العالقة عائقا في تدفق مياه المجاري المتدفقة للمحطة .

٨. الاجزاء المتحركة تحت سطح المياه تتاثر بالمياه الموجودة فيها ومن ثم فانها تحتاج الي تشحيم وتزييت اكثر من الاجزاء المتحركة فوق سطح المياه .

٩. احرص دائما علي اتباع قواعد الامن الصناعي والسلامة المهنية اثناء التشغيل

التخلص من المواد الطافية

معظم مخلفات المصافي تحتوي علي أكثر من ٨٠ % من وزنها ماء – كما تشمل الفضلات قطع الورق ولخشب والاقمشة وبقايا الاطعمة ،كما تحتوي المواد الطافية التي حجزتها المصافي علي نسبة من المواد الملوثة ذات الطبيعة العضوية سريعة التحلل والتي يمكن ان تتعفن مع الوقت ، ولذلك يجب التخلص منها سريعا بمجرد تجميعها من امام المصافي ، ويتم ذلك بالطرق الأتية :-

أ – الحرق

ب – الدفن في خنادق محفورة بالأرض وتغطيتها بطبقة ردم من الرمال لا تزيد عن ٦٠ سم تفادياً لرائحتها وتوالد الذباب علي سطحها وهو الأسلوب الممكن استخدامه في القرى . ويرعى رشها بالحبر الحي في المناطق الحارة.

ج – أستخدامها في ردم المناطق البعيدة عمرانيا والتي تحتاج للردم .

د – تجفيفها بالضغط لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها ، وتعد تلك الطريقة انسب الطرق للتخلص من هذه الفضلات .

و – تقطيعها وفرمها في مفارم خاصة أو طحنها ثم إعادتها الي بقية المخلفات السائلة لتترسب في أحواض الترسيب الأبتدائي ومن ثم يسهل التخلص منها مع بقية الرواسب .

ه – حملها في السفن والقاؤها بعيدا عن الشاطيء وذلك فـــي الـــبلاد الســـاحلية بشرط الا تكون هذه المخلفات شديدة التلوث بالمواد العضوية .

ي – تقطيعها وفرمها في مفارم خاصة أو طحنها ثم نقلها الي أحواض تخمير الرواسب حيث تعالج ويتخلص منهامع بقية الرواسب .

الشروط الواجب توافرها بالمصافي :

أ ــ يجب أن تكون القضبان الحديدية دائرية أو مستطيلة المقطع وتتراوح ما بـــين ١ /٢ إلـــي ٣ /٤ بوصـــــة.

ب ــ يجب أن تكون زاوية ميل القضبان علي المستوى الأفقي ما بين ٣٠ غلي ٧٥ درجة وذلك ليسهل تنظيفها كما أن هذا الميل يساعد علي تحميل الفضلات أمامهـــا علـــي منســـوب ســـطح المـــاء.

ج ــ يجب أن تساوي المساحة الصافية ما بين القضبان ضعف مســـاحة المقطـــع المائي للمجرى المؤدى إلي غرفة المصافي (وذلك في حالة استعمال شبكة صرف منفصـــلة) .

د ــ في حالة استعمال شبكة صرف صحي مشتركة يكون صافي المســـاحة بـــين القضبان مساوياً لثلاث أمثال مساحة المقطع المائي للمجرى المؤدى إلـــي غرفـــة المصـــافي .

هـــ ــ يجب ألا تزيد سرعة الماء العمودية علي مستوي المصفاة عـــن ١٥ ســـم / الثانيـــة حتـــى لا تســـبب ضـــغطاً علـــي الفضـــلات فتمـــر بـــين القضـــبان .

<u>أسس تصـــميم المصـــافي</u>

يجب مراعاة النقاط التالية عند تصميم المصـــافي :

أ ــ ميل المصافي مع الأفقي يتراوح ما بـــين ٤٥ و ٧٠ درجـــة.

ب ــــ الفراغـــات بـــين القضـــبان تكـــون مـــن ١ – ٣ ســـم.

ج ــ السرعة خلال قنـــاة المصـــافي يجـــب ألا تقـــل عـــن ٤٠ ســـم / ثانيـــة .

د ــ السرعة خلال فتحات المصافي لا تزيد عن ١٠٠ سم / ثانية .

هـ ــ الفاقد في مرور المياه خلال فتحات المصافي يمكن حسابية علي أساس سريان المياه خلال الفتحات المستطيلة ويتراوح بين ١٠ سم إلي ٣٠ سم حسب تأثير المواد الطافية علي الفتحات .

وهذا الفاقد في منسوب المياه أمام وخلف المصفاة (أي الفرق بين منسوب المياه أمام وخلف المصفاة) يمكن تقدير المعادلة الرياضية التالية :

حيث :

h = الفرق بين منسوب المياه أمام وخلف المصفاة متر

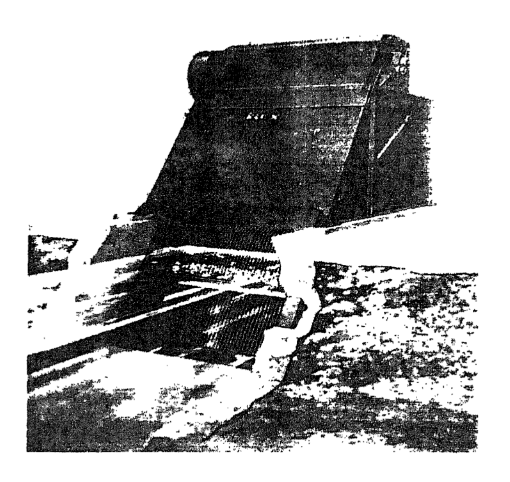
$v2$ = سرعة الماء في فتحات المصافي (أي بين القضبان) م /ث

$v1$ = سرعة الماء أمام المصافي م / ث

g = عجلة الجاذبية الأرضية م / ث٢

قضيب معدني فتحاته واحد بوصة

مصفاة تنظف يدوياً



مشاكل التشغيل التي تحدث لوحدات التصفية الميكانيكية

مثال١ : * تراكم المواد المراد تصفيتها امام المصافي الميكانيكية.

السبب:

- عدم كفاءة المصافي لقصر مدة تشغيلها او لزيادة المواد المراد تصفيتها مما قد ينتج عنه ارتفاع منسوب المياه امام المصافي عن منسوب المياه خلفها.

العلاج:

- يتم فحص المصافي من الناحية الميكانيكية للتأكد من سلامة الامشاط الخاصة ، كذلك يتم زيادة تشغيل المصافي لتتناسب مع كمية المياه المراد تصفيتها.

مثال ٢

* انسداد فتحات المصافي الميكانيكية .

السبب : ١- عدم عمل التنظيف اللازم للمصافي باستمرار.

٢- عدم تناسب فتحات المصافي مع طبيعة وحجم المواد المراد تصفيتها فقد تكون المصافي دقيقة والمواد المراد تصفيتها من المياه كبيرة الحجم .

العلاج :

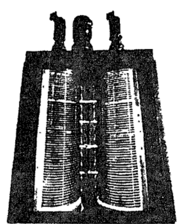
تنظيف المصافي باستمرار سواء كان التنظيف ميكانيكيا او يدويا.

وعملية التنظيف في حد ذاتها هامة جدا سواء كان التنظيف ميكانيكيا او يدويا ، فيجب علي العاملين والمشغلين ان يحافظوا علي المصافي في حالة نظيفة باستمرار لانه في حالة عدم تنظيفها سيسبب ذلك حدوث انسداد ، ومن ثم فانه عند تنظيفها بعد الأنسداد سيؤدي ذلك الي تدفق كمية من مياه المجاري المحجوزة في المصفاه الي داخل محطة المعالجة ، ويسبب ذلك حمل زائد علي وحدات المعالجة وبالتالي الي قصور في كفاءة التنقية.

٢-٣. الطحن والتفتيت Grinding

تسحق المفتتات أو الطاحنات المواد الكبيرة العائمة في دفق المياه، وتستخدم عادة عندما يكون أستعمال المصافي غير عملي، وقد تنشأ بين حجرة حجز الرمال وبين خزّانات الترسيب الأولّية، وتخفف انبعاث الروائح والذباب وتساعد على تحسين المنظر . وتُقسّم المفتتات إلى فئات حسب حركة القاطعات التي يمكن أن تكون دوّارة أو مترجِّحة.

وتتضمّن المفتتات ذات القاطعات الدوّارة مصفاةً ثابتة أو متحرّكة مع القاطعات.



صورة أحد انواح الطاحنات التى تستخدم لتفتيت المواد الصلبة لمياه الصرف

والمفتتات تسحق وتطحن المواد الصلبة الكبيرة ولكنها لا تزيلها من مياه لصرف ومن أهم مميزات الطاحنات انها تقلل الجسيمات الصلبة الكبيرة وتحولها بالطحن الي جسيمات دقيقة يسهل مرورها مع مياه الصرف ، ومن أهم عيوبها انها تعيد الجسيمات الصلبة الي مجري مياه الصرف مما يمكن منه ان تحدث مشاكل في التشغيل . وحديثا في بعض مشاريع المعالجة تقوم المفتتات بتفتيت المواد الصلبة ثم يتخلص منها بعيدا عن مجري مياه الصرف.

جهاز التقطيع اللفاف Comminutor

وهو جهاز يستخدم لتقطيع المواد الطافية الصلبة والشبه صلبة الموجودة في مياه الصرف دون حجزها امام المصافي وازالتها – ويوضع الجهاز في مجري المخلفات السائلة لتمر فيها كلها .

والجهاز عبارة عن اسطوانة وفي السطح الجانبي للاسطوانة فتحات عرضها حوالي ربع بوصة تمر منها المخلفات الي قاع الاسطوانة ومنها الي المجري المائي ثانية – ومثبت بجوار هذه الاسطوانة امشاط ذات اسلحة حادة وهذه الاسطوانة تدور بقوة موتور كهربي وبذلك تقوم الاسلحة الحادة المثبتة في المشط بتقطيع المواد التي يزيد حجمها عن الفتحات الموجودة في محيط الاسطوانةالي احجام اضغر من هذه الفتحات فتمر فيها مع بقية المخلفات .

ويوصي دائما باستخدام جهازين من هذا النوع يعمل احدهما كالاحتياطي للاخر . ويتميز هذا الجهاز بانه يغني عن عملية حجز المخلفات الطافية امام المصافي وازالتها والتخلص منها.

٢-٣. معادلة التدفق Flow Equalization

تستعمل تقنية معادلة التدفق لتحسين فعالية عمليّات المعالجة الثانوية والمتطوّرة عن طريق تسوية متغيرات العمليّات، ومنها التدفق ومستويات الملوّثات والحرارة، خلال فترة من الزمن . ويؤدّي تضييق الفروق والوصول إلى معدّل تدفقٍ شبه ثابت إلى تخفيف آثار هذه المتغيرات في أسفل المجرى.

وتساعد عملية تثبيت تدفق مياه الصرف في التغلب على مشاكل التشغيل الناجمة عن التغير في معدلات تدفق المياه إلى محطات المعالجة وبالتالي تحسين أداء المحطة. ويستخدم خزان (Equalizing tank) كذلك خزان طوارئ لاستقبال المياه الملوثة في حالة حدوث أى عطل فني في عملية المعالجة.

وفيما يلي مميزات تطبيق نظام تثبيت وتجانس مياه الصرف الداخلة في محطات المعالجة:

- زيادة كفاءة عمليات معالجة مياه الصرف بعد التجانس وتثبيت معدل التدفق
- زيادة كفاءة المعالجة البيولوجية حيث أن عملية التجانس تمنع أو تقلل حدوث الأحمال العالية لمفاجئة. كذلك يمكن تخفيف المواد السامة التي تؤثر على العملية الحيوية وثبات الأس الهيدروجيني.
- تحسين أداء عمليات الترشيح والغسيل العكسي لتكون أكثر انتظاما.
- توفير استمرارية العمل لنظام المعالجة البيولوجية خلال فترات التوقف للمحطة (تعتمد المعالجة البيولوجية علي استمرار تدفق المادة العضوية كغذاء للكائنات الدقيقة التي تقوم بعملية المعالجة البيولوجية).

- تحسين أداء المعالجة الكيميائية في حالة كون محطة معالجة مياه الصرف تستخدم عمليات المعالجة الكيميائية حيث أن التثبيت والتجانس يؤدي إلى ثبات الأحمال مما يؤدي إلى تغذية منتظمة لجرعات الكيماويات.
- تحسين في خواص المياه المعالجة وكفاءة التثخين في أحواض الترسيب الثانوية التي تتبع المعالجة البيولوجية التي تزداد كفاءتها نتيجة ثبات أحمال المواد الصلبة.
- يمكن أن تكون عملية التثبيت والتجانس طريقة غير مكلفة للتغلب على مشاكل المحطات التي تعاني من ازدياد الأحمال.

ويمكن استخدام معادلة التدفق في أماكن عدّة في محطة معالجة مياه الصرف، ومنها النقاط قبل الصرف إلى جسمٍ مائيّ، وقبل عملية المعالجة المتقدّمة.

وهناك أربع طرق شائعة لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف

١- التدفق بالتبادل.
٢- التدفق المتقطع.
٣- الخلط التام المجمع .
٤- الخلط التام الثابت.

١- التدفق بالتبادل

في طريقة التدفق بالتبادل يكون احد الأحواض مستقبلا لكل لمياه الصرف في وقت محدد والحوض الاخر يقوم بصرف المياه ، ويتم التبادل بين الأحواض من حيث الملء والتفريغ ويتميز هذا النظام ان يوجد خلط تام ولهذا مستويات الملوثات ثابتة مع التدفق الثابتوهذا النوع من تثبيت التدفق يحقق تجانس كبير لمياه الصرف . ومن عيوب هذا النظام تكلفة الانشاء العالية حيث يعد الحوض الثاني حوض اضافي.

٢- التدفق المتقطع

في هذا النوع من عمليات التساوي للتدفق يسمح لمجري مياه الصرف ان يتحول لحوض التساوي فترات قصيرة من الوقت عند الحاجة لذلك ثم يعود التدفق لمساره

العادي الرئيسي من خلال التحكم الجيد المقاس لتدفق المياه. حجم و تركيز الملوثات المتغيرين للمياه المتحولة عن مسارها سوف يتم تجاوزه عندما تعود المياه لمسارها الرئيسي.

٣- الخلط التام المجمع .

يصمم هذا النظام علي اساس الخلط التام للتدفقات الواردة قبل وصولها للوحدات الامامية للمعالجة ، وهذ النظام يحقق تجانس عالي لجميع التدفقات حيث يخفض التغير لكل تدفق ويستخدم هذا النظام عندما تكون التدفقات متوافقة مع بعضها من حيث التركيب والمكونات ويمكن خلطها دون حدوث مشاكل..

٤- الخلط التام الثابت .

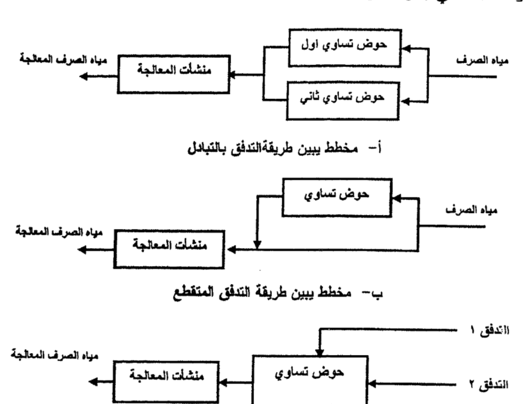
يصمم هذا النظام علي اساس الخلط التام لمجري مياه الصرف في حوض تساوي كبير قبل وصولها لوحدات المعالجة يحقق هذا النظام صرف منتظم ثابت لمياه الصرف عند خروجها من حوض التساوي.

والجدول التالي يبين ملخصا لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف ووصف لكل عملية :

جدول ٢-٣

العملية	وصف العملية
طريقةالتدفق بالتبادل (التناوب)	يتناوب خزّانان على التعبئة والتفريغ لفترات متتابعة
طريقة التدفق المتقطع	يُحوّل الدفق إلى خزّان معادلة بمعدل متزايد ثمّ يدخل الدفق المحوّل إلى النظام بمعدّل مضبوط.
طريقة الخلط التام المجمع	تمتزج عدّة تدفّقات في خزّان في بداية عملية المعالجة.
طريقة الخلط التام الثابت	يوضع خزّان كبير للاستبقاء، تام الامتزاج قبل محطة المعالجة، لمعادلة المتغيرات في مجرى المياه الداخلة والحصول على صرف ثابت

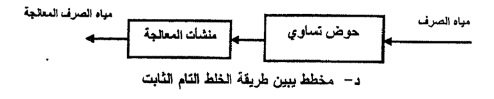
والشكل التالي يبين الطرق الشائعة لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف.



أ- مخطط يبين طريقةالتدفق بالتبادل

ب- مخطط يبين طريقة التدفق المتقطع

ج- مخطط يبين طريقة الخلط التام المجمع



د- مخطط يبين طريقة الخلط التام الثابت

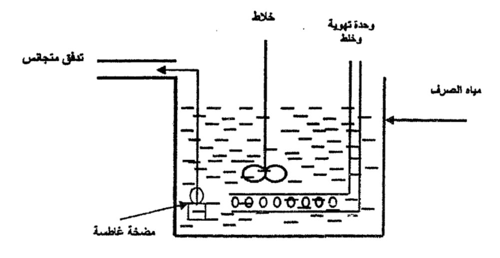
شكل ٢-٣ مخططات للطرق الشائعة لعمليات تثبيت وتجانس مياه الصرف

حوض التساوي Equalization Tank

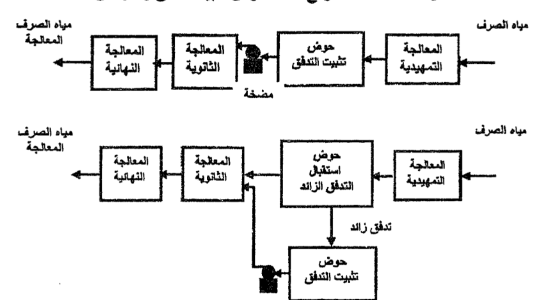
يتوقف حجم ونوع حوض التساوي علي كمية الملوثات والتغيرات في معدل التدفق فيجب ان تكون سعة الحوض مناسبة لاحتواء هذه التغيرات.

عادة يتم توفير وسيلة للخلط لتاكيد عملية تثبيت التدفق والتساوي المناسبة ولمنع رسوب المواد الصلبة العالقة في قاع الحوض ،هذا بالاضافة الى أكسدة بعض المواد الموجودة في مياه الصرف وكذلك تقليل الحمل العضوي بالخلط مع الهواء حيث يتم الخلط مع التهوية لضمان ذلك.

والشكل التالي هو لمخطط لاحد **احوض تثبيت التدفق والتجانس.**



شكل ٢-٤ مخطط لنموذج لاحد احوض تثبيت التدفق والتجانس



شكل ٢-٥ مخطط لخيارات وحدات تثبيت التدفق والتجانس لمشاريع معالجة مياه الصرف

٢-٤. حجز الحصي والرمال Grit and Sand Removal

أهمية حجز الرمال والحصي من مياه الصرف

تعد عملية حجز الرمال والحصي عملية هامة تمهيدية أولية في عمليات معالجة المخلفات وذلك للاسباب الأتية :-

ا - تراكم الرمال داخل أحواض الترسيب الأبتدائي يزيد من مشاكل سحب الحمأة من الأحواض ويسد مواسير تصريف الرواسب .

ب- قد تتراكم الرمال في أحواض التهوية بمرور الزمن مما يسبب مشاكل عند تفريغ تلك الأحواض للتنظيف والصيانة المدنية .

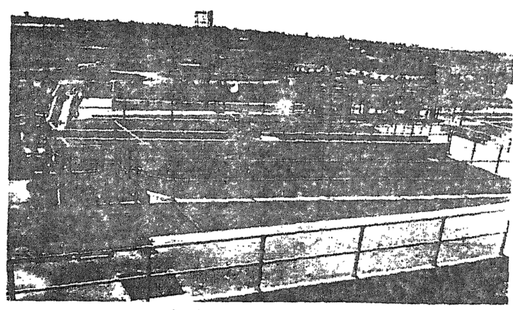
ج - تتراكم الرمال في هاضمات الحمأة يحدث تداخل في وظيفة تلك الوحدات كما أن ازالة الرمال المتراكمة داخل الهاضمات اللاهوائية يعد من الامور الصعبة جدا اذ قد يقتضي الحالة تفريغ الحوض باكمله لازالة الرمال منه وهذا يعني خروجه من الخدمة مدة من الزمن .

د- يزيد _جود الرمال من مشاكل تشغيل الطلمبات ويزيد من تأكلها .

و- احتمال ترسب الرمال في المراسيروقنوات التصريف لوحدات المحطة المختلفة .

ه - تأكل المعدات الميكانيكية بفعل احتكاك الرمال بها .

ي- نظراً لأن الرمال سهلة الترسيب كما أنها مادة خاملة لا تتحلل وبالتالي تضعف القيمة الغذائية للرواسب عند استخدام الرواسب كمادة تسميدية ، لذلك يفضل فصلها أولا وقبل دخولها أحواض الترسيب الابتدائي.



صورة لاحد احواض حجز الرمال

أحواض حجز الرمال والحصي

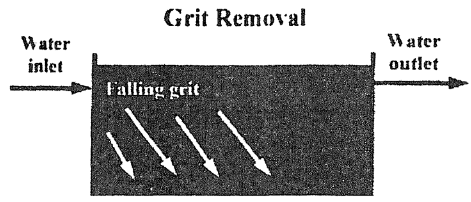
هي أحواض مستطيلة الشكل أو دائرية ، الغرض منها هو فصل الرمال المتواجدة في مياه الصرف الصحي من الشوارع والأرصفة الغير مرصوفة ، أو من مياه الأمطار عند تساقطها ووصولها للشبكة أو من التربة نتيجة وجود شروخ في المواسير أو في المطابق.

ولابد من ازالة هذه الرمال والحصي مهما كانت طبيعة شبكة الصرف الصحي بالمدينة: موحدة (أي لجمع مياه الصرف ومياه الأمطار) أم منفصلة عن شبكة مياه الأمطار. وقد يبلغ تركيز الرمال ٢٠٠ مجم / اللتر في الشبكة المنفصلة وربما ٥٠٠مجم/اللتر أو أكثر في الشبكة الموحدة.

ويتم ازالةالرمال باستغلال فارق الكثافة بين المواد المعدنية (ك = ٢,٦٥ = *density*) وبين المواد العضوية (كثافة = ١,٢) التي لا بد أن تبقى عائمة أو عالقة عند مرورها بهذه المرحلة وهذا وجه الاختلاف مع أحواض الترسيب.

وتصمم أحواض حجز الرمال لترسيب المواد التي لها كثافة ٢,٦٥ وحجمها أكبر من ٠,٢ مم ، ورغم ان الغرض الآساسي من انشأء هذه الوحدات هو ترسيب المواد غير العضوية فقط ، لا ان نسبة صغيرة من المواد العضوية ترسب مع الرمال وتبلغ هذه النسبة في بعض الاحيان ١٥ % من المواد العضوية في مياه المجاري الخام .

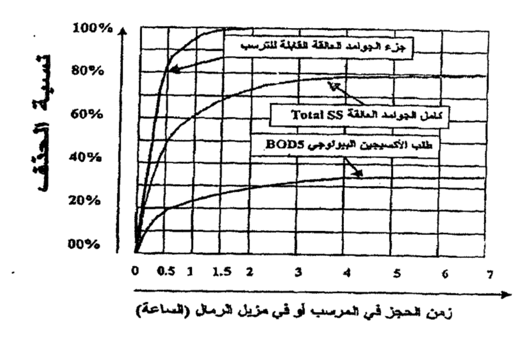
وتتكون أحواض حجز الرمال من قنوات متسعة نسبياً تمر فيها المخلفات السائلة مع التحكم الكافي لحفظ سرعتها عند السرعة (وهي ٣٠ سم / ث). التي تسمح بترسيب المواد الغير عضوية التي يبلغ قطرها ٠,٢ مم .



صورة تبين رسوب الحصي داخل حوض ترسيب الحصي والرمال

أهمية زمن الحجز في كفاءة ازالة المواد القابلة للترسب داخل حوض الرمال

تمكن عملية حجز والزالة الرمال من تقليص كتلة التلوث الخام وبالتالي تخفيف العبء على منشئات المعالجة التي تلي مزيل الرمال. ويبين الرسم التالي نسبة تقليص الملوثات بالترسيب الطبيعي داخل حوض الرمال حسب زمن الحجز:



شكل ٢-٦ نسبة تقليص الملوثات بالترسيب الطبيعي داخل حوض الرمال وعلاقته بالزمن

تفريغ أحواض حجز الرمال

من المهم جدا ازالة الرمال والرواسب الصلبة المتوجودة داخل احواض الرمال بسرعة وبصفة دورية لان تراكمها يسبب مشاكل عديد في التشغيل ، ومن المهم ان يكون قاع الحوض مناسبا لطريقة التفريغ ،وعادة يتم تفريغ احواض حجز الرمال والحصي من الرمال المجمعة ومن الرواسب التي حجزت داخل الأحواض بالطرق التالية :

- تفريغ الحوض يدويا.
- تفريغ الحوض ميكانيكيا.

١- تنظيف أحواض فصل الرمال يدويا

الغرض من هذه الأحواض كما سبق ذكره هو ترسيب الرمال والمواد الغير عضوية وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب ويتم إزالة الرمال بتسليط

خرطوم مياه علي الرواسب فتكسحها إلي خارج الحوض لتسير في مواسير إلي موضع التخلص منها . ويعيب هذه الطريقة عدم استمرار العمل في الأحواض ويتطلب الأمر تفريغ الحوض المطلوب إزالة الرمال منه.

كما يمكن تنظيف هذه الأحواض يدوياً بواسطة مغرفة بيد طويلة في حالة التصرفات الصغيرة.

٢- تفريغ الحوض ميكانيكيا.

لتفريغ الحوض ميكانيكيا فانه يلزم ان يزود الحوض بمعدات ميكانيكية تصمم لهذا الغرض وهذه المعدات تتكون من الأتي :

وحدات كسح الرمال (زحافات).

رافع حلزوني للرمال.

محرك كهربي لتشغيل الروافع والزحافات.

والطريقة الميكانيكية تتلخص في أن يتم تنظيف الحوض علي فترات متقاربة بأستعمال الكاسحات تتحرك بقوة موتور كهربي فتدفع امامها الرمال الي منخفض في مدخل الحوض ، ومن هذا المنخفض ترفع الرمال بروافع حلزونية الي أعلي الحوض حيث يمكن جمعها في اوعية خاصة.

التخلص من الرمال و الرواسب

يترسب داخل احواض حجز الرمال كميات من الرمال والحصي وكميات قليلة من الرواسب الصلبة ، وغالبا ما يصاحب الرمال مواد عضوية التصقت بها وترسبت معها ، ونظرا لان هذه المواد العضوية قابلة للتحلل واحداث روائح كريهة فانه يجب غسلها ،وتستخدم مياه المجاري المعالجة او المياه السطحية لغسيل المواد المترسبة في أحواض حجز الرمال ، ثم تعاد هذه المياه الي مدخل المحطة ، ورغم ذلك تبقي نسبة ربما تصل الي ٥ % من المواد العضوية مع الرمال ولهذا يجب مراعاة ذلك عند التخلص من هذه المواد ، حيث يفضل القاؤها بعيدا عن العمران .

ويمكن التخلص من الرمال والمواد المترسبة في الأحواض بالأتي :

- بدفنها في باطن الأرض أو أستخدامها في ردم الأماكن المنخفضة.
- تفرد علي سطح بعض الأراضي كسماد لبعض النباتات مثل نباتات الزينة.
- نقلها بعيدا عن العمران الي مكان يراد ردمه ويفرش علي سطحها أتربة جافة
- اذا زات المواد العضوية بالرمال عن ٥% فيجب ان تدفن في خنادق عميقة في باطن الارض لمنع وصول الحشرات والقوارض اليها.

<u>أسس تصميم أحواض حجز الرمال</u>

غالباً ما تصمم أحواض فصل الرمال ضمن المصافي ، لذا يجب أن يكون عرض المصافي مساوياً لعرض غرفة الراسب الرملي وطول المصافي مناسب لطول غرفة الراسب الرملي .

ولما كان الغرض من أحواض فصل الرمال هو ترسيب المواد الغير عضوية فقط ، لذا يجب أن تكون سرعة المياه به في حدود تسمح لهذه المواد (وهي سرعة الرسوب) بالرسوب ولا تسمح برسوب المواد العضوية . وبذا يسهل التخلص منها دون خشية انبعاث أي رائحة كريهة منها أو خطر صحي نتيجة تحلل المواد العضوية .

وللوصول إلي هذا الغرض تصمم أحواض فصل الرمال علي الأسس الآتية:

١ . مدة بقاء المياه داخل الحوض من ٣٠ الي ٦٠ ثانية وقد تمتد ل ١٢٠ ثانية لاقصي تصرف الطقس الجاف .

٢ . سرعة المياه في الحوض ٣٠ الي ٣٥ سم / ثانية .

٣ . عدد الأحواض يكون اثنين علي الاقل لضمان تنظيف الأحواض بالتبادل دون توقف عملية حجز الرمال وذلك في الأحواض التي تنظف يدويا ،.وكذلك في حالة الاعطال الميكانيكية والكهربية .

٤ . كمية المواد المترسبة في أحواض حجز الرمال تتراوح بين ١٠ الي ١٠٠ لتر لكل الف متر مكعب من مياه المجاري .

٥ . في حالة ترسيب المواد التي كثافتها ٢,٦٥ وحجمها ٠.٢٠ مم يكون معدل التحميل السطحي ١٢٠٠ متر مكعب / متر مربع / يوم.

٦. لا يزيد فاقد الضغط لمياه الصرف بعد مرورها من أحواض (التصفية) فصل الرمال والمصافي عن ٥ سم ، ولذا لا تستخدم المصافي الدقيقة لتجنب زيادة الفاقد.

ولما كان التصريف الوارد لأعمال المعالجة متذبذب غير ثابت ولضمان الاحتفاظ بالسرعة حوالي ٣٠ سم / الثانية بهذه الأحواض لذا تستخدم أحد الطرق الآتية :

أ ـ ينشأ هدار متحرك عند مخرج الحوض يرفع ويخفض تبعاً لزيادة أو نقص التصريف , وبذا يمكن التحكم في السرعة .

ب ـ تنشأ أحواض فصل الرمال بسعة تجعل سرعة المياه بها ٣٠ سم / ثانية في حالة متوسط تصريف الطقس الجاف ، وينشأ بحائطها الجانبي هدار تفيض منه المياه لغرفة تصفية أخري مجاورة عند زيادة التصريف وارتفاع منسوب المياه بها ، ويراعي أن يكون منسوب المياه من كل منهما منفصلاً.

ج ـ إنشاء قطاع الحوض دائرياً أو بيضاوياً ليقل القطاع الذي تسير به المياه عندما يقل التصريف ، وبذا يمكن الاحتفاظ بسرعة ثابتة تقريباً رغم اختلاف كمية التصريف الوارد.

<u>مشاكل التشغيل التي تحدث لوحدات حجز الرمال</u>

<u>مثال ١ :</u> تركم كميات كبيرة من الرمال داخل غرف ازالة الرمال مع عدم خروج تلك الرمال الي رافعة الحصي والرمال .

السبب :

١ . كاسحات الرمال تدور في اتجاه عكسي مما يسبب تجميع الرمال في الداخل،

ويحدث ذلك غالبا عند أختلاف مواضع توصيل الكوابل الكهربية.

٢ . كاسحات الرمال متوقفة عن العمل لزيادة الحمل عليها .

العلاج

- يتم ايقاف هذا الجزء وفصله عن التشغيل وتفريغه من المياه .
- ازالة المواد المتراكمة واعادة التوصيل الكهربي بطريقة صحيحة .

مثال ٢

خروج كميات كبيرة من الرمال الي أحواض الترسيب او الي أحواض التهوية

السبب – سرعة تدفق المياه داخل أحواض حجز الرمال اكثر من المطلوب، مما لا يسمح بترسيب الرمال في الأحواض لقلة مدة المكث .

العلاج

- ضبط الالوح الخراسانية الموجودة في بداية أحواض حجز الرمال مما يسمح بتهدئة سرعة المياه والوصول لمدة المكث اللازمة لترسيب الرمال .

مثال ٣

زيادة المواد العضوية في الرمال المتجمعة مما يسبب روائح كريهة.

السبب – غاسل الرمال Grit washer لا يعمل بشكل جيد.

العلاج

- يتم فحص غاسل الرمال للتأكد من عمله بشكل صحيح وعدم وجود اي خلل به.
- زيادة مدة تشغيل غاسل الرمال Grit washer .

مثال ٤ خاص بمضخة الرمال

عدم تصريف الرمال المتراكم بغرفة إزالة الرمال أو توقف المضخة نتيجة لزيادة الحمل.

السبب – زيادة كمية الرمال الموجودة بمياه الصرف الصحي مثلما يحدث عند

سقوط الامطار .

- عدم تناسب مدة تشغيل المضخة مع كمية الرمال الواردة .
- وجود أو انسداد في خطوط طرد المضخة .

العلاج

- فحص غرفة الرمال وتفريغها بواسطة مضخة خارجية وإزالة الرمال المتراكمة واعادة التشغيل.
- رفع المضخة الي أعلي مع تركيب وصلة طرد بديلة وتشغيل المضخة حتي يتم ازالة الرمال من أسفل المضخة
- زيادة مدة تشغيل المضخة.

٢-٥ . أحواض حجز الرمال المهواة Aerated Sand Removal

في بعض العمليات يستخدم الهواء المضغوط بأحواض فصل الرمال علي أن يكون ضغطة مناسباً بحيث لا يؤثر علي ترسيب المواد الغيرعضوية ويثير ويمنع تسرب المواد العضوية ، وهو في نفس الوقت بما به من أكسجين ينشط مياه الصرف الخام الداخلة لأعمال التنقية والتي أصبحت في حالة ماسة إلي إنعاشها بالأكسجين بعد أن ظلت مدة في شبكة الصرف الصحي بعيدة عن الشمس والهواء ، كما أنة يساعد علي فصل الزيوت والشحوم وتقليل الرمال العضوية فيتم ترسبيها بسهولة.

تسير المياه في أحواض حجز الرمال المهواة لولبيا او حلزونيا كمحصلة لتاثير حركتين ، الأولي حركة افقية من مدخل الحوض وفي اتجاه المخرج ؛ والثانية دائريا بفعل الهواء المضغوط .

وتتاثر قوة حركة المياه في الحوض بمعدل وضغط الهواء ، ويؤثر بدوره علي كفأءة حجز الرمال ونسبة المواد العضوية التي ترسب مع الرمال ، وفي الأحواض المهواة تكون الحركة الدورانية وليست الحركة الأفقية هي العامل الأساسي في

التحكم في كفأءة حجز الرمال علي اساس انها تعطي حركة كافية لترسيب الرمـــال ومنع ترسيب المواد العضوية .

ويمكن ان تتم عملية التهوية الأبتدائية في أحواض حجز الرمال المهواة بحيث تزيد مدة بقاء المياه الي فترة التهوية المطلوبة.

مميزات الأحواض المهواة

ا - تساعد عملية الحركة الأفقية والراسية في غسيل حبيبات الرمال من المواد العضوية فتقل نسبتها في الرمال المترسبة بدرجة كبيرة .

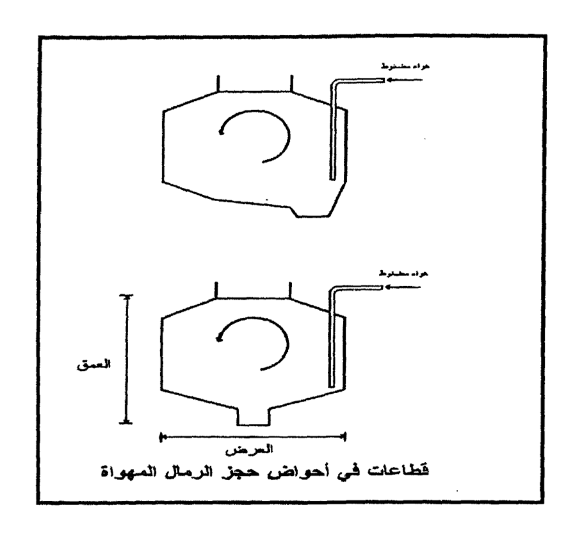
ب - تساعد عملية التهوية في ازالة اثار التحلل اللاهوائي المحتمل حدوثه في شبكات الصرق الصحي .

ج - تساعد عملية التهوية في فصل بعض الزيوت والدهون حيث يعمل الهواء علي جعلها تطفو وتنفصل بسهولة وخاصة اذا كانت نسبتها قليلة .

د - لا تتغير سرعة المياه بدرجة كبيرة مع تغير معدلات الصرف ، وبالتالي لا تتاثر كفأءة الأحواض بذلك التغير .

ه - تكون السرعة في الحوض بالاضافة لعملية التقليب والحركة كافية ومناسبة لترسيب الرمال وعدم ترسيب المواد العضوية .

ويوضح الشكل التالي قطاعين في الأحواض المهواة .



قطاعات في أحواض حجز الرمال المهواة

أسس تصميم أحواض حجز الرمال المهواة

١. عمق الحوض من ٢ الي ٥ متر ، وطوله من ٧,٥ الي ٢٠ متر وعرضه من ٢,٥ الي ٧ متر .

٢. نسبة عرض الحوض الي عمقه تتراوح من ١: ١ الي ٥ : ١ .

٣ . نسبة طول الحوض الي عرضه يتراوح من ٣ : ١ والي ٥ :١ .

٤. السرعة الأفقية للمياه ٠,٦ الي ٠,٨ متر لكل ثانية .

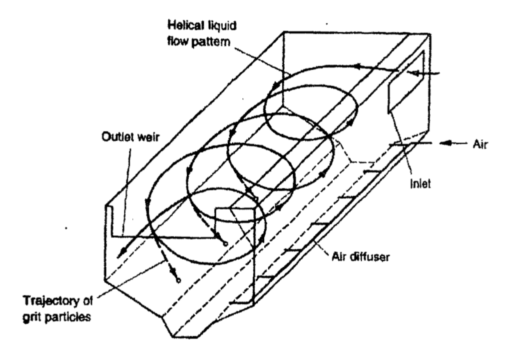
٥ . معدل التحميل السطحي من ١١٠٠ الي ١٢٠٠ متر مكعب/ متر مربع/ يوم.

٦. كمية الهواء التي تضخ او تضغط في حوض حجز الرمال المهواة من ٤ لي ٨ لتر في الثانية لكل متر طولي من حوض حجز الرمال المهواة .

٧ . مدة بقاء المياه داخل الحوض من ٤ الي ١٠ دقيقة حسب درجة تلوث الرمال.

٨ . يمكن انشاؤها مكعبة الشكل تقريبا بحيث يساعد الهواء لمضغوط في توفير الحركة اللازمة لترسيب الرمال ، وتعويم المواد العضوية ومنع ترسيبها.

والشكل التالي يبين احد احواض حجز الرمال المهواة ومسارات دخول الهواء وانتشاره وتدفقه وخروجه ونمط تدفق المياه داخل الحوض .



شكل٢-٧ يبين احد احواض حجز الرمال المهواة
Source: Crites and Tchobanoglous. 1998

٢-٦. الترسيب بالجاذبية (الترسيب الطبيعي) Sedimentation

يعد الترسيب بالجاذبية للمواد العالقة لمياه الصرف الصحي من أهم الطرق الفيزيائية لمعالجة مياه الصرف ، والغرض من الترسيب هو التخلص من المواد العضوية العالقة بمياه الصرف بفعل الجاذبية الأرضية فتسقط بتأثير ثقلها إلي قاع

الحوض حيث تتجمع ويتلخص منها ، ولذا سميت بعمليــة الترســيب العاديــة أو الترسيب الميكانيكي ، ولما كانت المواد العضوية خفيفة الكثافة النوعيــة لــذا فــي تحتاج إلي سرعة بطيئة بالحوض وطول مناسب له لإعطائه الفرصة للرسوب فكلما قلت سرعة المياه وطالت مدة بقائها بالحوض كلما حصلنا علي نسبة عاليــة مــن الترسيب .

وعند تصميم خزّانات الترسيب، من الأهمية الحصول على مياه خارجة نقية وحمأة مكثفة.

وللحصول علي نسبة عالية للترسيب ، استعملت طريقة ملء وتفريغ الحوض ويتم ذلك بملء الحوض بمياه الصرف الواردة إلية ثم تترك دون حركة للمــدة اللازمــة لترسيب النسبة المطلوبة من المواد العالقة ، ثم تسحب المواد الراسبة ، وبعد ذلــك يفرغ الحوض مما به من مياه ، ويعاد ملؤه ثانية وتتكرر العملية ، وهكذا – وبــذا نحصل علي سرعة صفر للمياه بالحوض ومدة البقاء المقــررة – إلا أنــه لكثــرة تكاليف إنشاء هذه العملية ولارتفاع تكاليف تشغليها ولضياع الوقــت فــي المــلء والتفريغ أصبحت هذه الطريقة غير مستخدمة حالياً.

وبالنسبة لعمليات الترسيب العادي أو ما يعرف بالترسيب بالجاذبية لمياه الصــرف الصحي فلابد من معرفة انواع الترسيب الاخري التي تطبــق لمعالجــة الميــاه أو معالجة مياه الصرف الصحي

<u>أنواع الترسيب</u>

عموما قسم العلماء الترسيب الي أربعة انواع يمكن حدوثها

<u>النوع الاول Plain Sedimentation</u>

ترسيب الجسيمات العالقة بتاثير الجاذبية طبقا لقانون ستوك ويســمي بالترســيب الطبيعي والغرض منه ازالة اكبر كمية من المواد الصلبة العالقة والطافية والقابلة للترسيب في المياه وذلك في احواض خاصة تمر فيها المياه فترة معينــة وتحــت

ظروف تساعد علي هبوط المواد العالقة الي قاع هذه الأحواض وذلك دون الاستعانة باي كيماويات مساعدة وتسمي هذه الأحواض باحواض الترسيب الابتدائي .

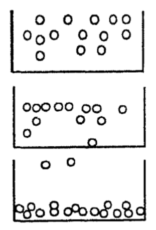
النوع الثاني Flocculant's sedimentation

ترسيب الجسيمات بتاثير المواد المروبة والمزغبات ، حيث تتحول الجسيمات الي مواد مزغبة قابلة للترسيب في الأحواض

النوع الثالث الترسيب المكاني Zone Settling

عند تركيز معين من مواد التزغيب تلتصق الجسيمات العالقة ببعضها البعض بفعل قوي التجاذب والتلاصق فيما بينها وتتحد وتتجمع معا وتترسب كوحدة واحدة.

وقد يحدث ذلك في عدم وجود مواد التزغيب ، حيث انه عند تركيز معين من الجسيمات لطافية تكون قريبة جدا من بعضها البعض بشكل يزيد من قوة التجاذب بين هذه الجسيمات مما يجعلها ترتبط مع بعضها البعض بقوة داخلية وتترسب معا ككتلة واحدة مترابطة.



شكل ٢-٨ مخطط يشرح عملية الترسيب المكاني

النوع الرابع (قوة التضاغط) الترسيب بالتضاغط Compressive Settling

ويحث غالبا عند التركيز العالي للمواد الصلبة العالقة ، ويلحظ انه عند وجود تركيزات عالية من الجسيمات العالقة تلتصق ببعضها البعض ويزداد وزنها ويضغط علي المياه ويتم الهبوط والترسيب .

وعامة يحدث النوع الاول والثاني في أحواض الترسيب الأبتدائي ، والنوع الثالث في أحواض الترسيب النهائي بينما يحدث النوع الرابع في أحواض تكثيف وتغليظ الحمأة.

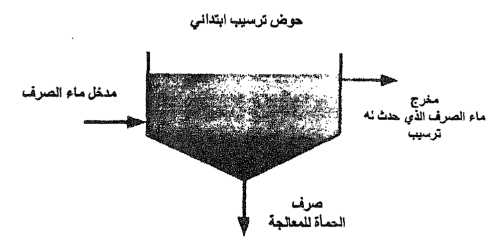
وعموما الترسيب الذي يحدث في مشاريع مياه الصرف من خلال احواض للترسيب الابتدائي وهو ما يعرف بلترسيب الابتدائي والترسيب النهائي للاشارة للترسيب الذي يحدث داخل احواض للترسيب النهائي.

٢-٦-١.الترسيب الابتدائي Primary Sedimentation

هو أحد مراحل المعالجة الأبتدائية الهامة وهدفه هو التخلص من المواد الصلبة العالقة بالترسيب والمواد القابلة للطفو وذلك بحفظ مياه المجاري في حالة هدوء لفترة من ١ الي ٤ ساعات، حيث تتمكن الجزيئات القابلة للرسوب للنزول الي القاع والمواد الخفيفة الوزن بالطفو للسطح ، وبذلك يمكن التحكم في جمعها وازالتها تاركة مياه المجاري رائقة نسبيا من غالبية المواد الغير عضوية والقليل من المواد العضوية التي تحتويها .

وتستقبل أحواض الترسيب الأبتدائي المياه بعد حجزها من المصافي ومرورها بأحواض حجز الرمال لحجز الرمال والحصي وبعد ان يتم التخلص من الاجسام العالقة والطافية الكبيرة طبقا لحجم الفتحات في المصافي ، وترفع المياه بطلمبات حلزونية الي تلك الأحواض.

الشكل التالي يبين دخول مياه الصرف وخروجها من حوض الترسيب ومخرج الرواسب الصلبة (الحمأة) وترسب المواد الصلبة داخل الحوض .



شكل ٢-٩ مخطط لعملية الترسيب داخل حوض الترسيب

نظريـــــة الترســـــــيـــــــب

الترسيب هو التخلص بفعل الجاذبية من المواد العالقة والتي يزيد وزنها عن الوزن النوعي للماء . وتزداد كفاءة الترسيب مع زيادة حجم الاجسـام العالقـة وزيـادة كثافتها النوعية كما في حالات الترسيب العادي plain sedimentation

ويتم الترسيب العادي بتاثير الجاذبية طبقا لقانون ستوك Stock s law

$$S = \frac{1 X g (Ps - P) D2}{18 V}$$

حيث

S سرعة ترسيب سم/ ث

g عجلة الجاذبيةالأرضية

V اللزوجة بالسنتيمتر المربع في الثانية

P الوزن النوعي للماء

Ps الوزن النوعي للمواد العالقة

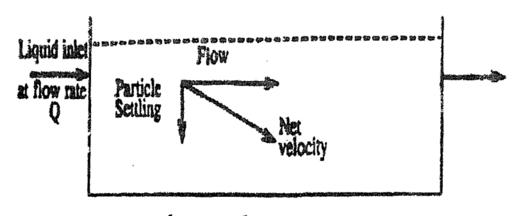
D قطر حبيبات المواد العالقة

وحيث ان السائل هو الماء اذن كثافة السائل =١ ، فتصبح المعادلة

$$S = \frac{1 X g (Ps - 1) D2}{18 V}$$

من هذه المعادلة نري انه كلما زاد الوزن النوعي للاجسام العالقة زادت سرعة ترسيبها ، وكلما زادت لزوجة الماء انخفضت سرعة الترسيب ، كلما زاد قطر الجسم العالق زادت سرعة ترسيبه وكذلك نسبة التخلص من الاجسام العالقة مع زيادة زمن الترسيب .

والشكل التالي يبين عملية الترسيب من خلال محصلة القوي حيث يتبين أن محصلة التدفق الافقي للمياه داخل حوض الترسيب مع محصلة قوة الجاذبية الارضية والتي تجذب الجسيمات الي الرسوب الي اسفل ينتج عنها ترسيب الجسيمات العالقة الي أسفل .



شكل ٢-١٠ مخطط لمحصلة القوي لعملية الترسيب

العوامل المؤثرة علي عملية الترسيب

أولا اللزوجة

لزوجة الماء تقل مع أرتفاع درجة الحرارة حيث ان الحرارة تعمل علي تقليل قوي التجاذب بين الجزيئات ومن ثم يزداد معدل ترسيبها.

والجدول التالي يبين العلاقة بين درجة الحرارة واللزوجة ،وقد لوحظ من علاقة درجة الحرارة باللزوجة انه اذا انخفضت درجة الحرارة من ١٠ الي صفر ترتفع لزوجة الماء من ١,٣ الي ١,٧٨ سم٢ /ث ، وتقل سرعة الترسيب تبعا لذلك ،وطبقا لقانون ستوك فان السرعة تزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة للماء ، ومن الملاحظ هنا ان تاثير ارتفاع درجة الحرارة علي سرعة الترسيب أكبر من تاثير زيادة الكثافة النوعية .

جدول٢-٤

درجة حرارة الماء درجة مئوية	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠
اللزوجة سم٢ / ث	١,٧٨	١,٣٠	١	٠,٨	٠,٦٥	٠,٥٩

ثانيا القطر والوزن النوعي للاجسام العالقة

طبقا لمعادلة ستوك فانه كلما زاد قطر المواد العالقة زادت سرعة ترسيبها في المياه والجدول التالي رقم ٢-٤ يوضح سرعة ترسيب مواد مختلفة عالقة بالمليمتر في الثانية عند درجة حرارة ١٠ مئوية لحوض ترسيب عمقه ٣ متر والماء به ساكن . وايضا سرعة ترسيبها عند كثافات مختلفة .

جدول ٢-٥

المادة العالقة	القطر بالمليمتر ١سم = ١٠٠٠ ميكرون	سرعة الترسيب بالمليمتر في الثانية	
		للاجسام ذات الكثافة ٢,٦٥	للاجسام ذات الكثافة ١,٢
رمل خشن	٠,٦-١	٦٣-١٠٠	٧,٢-١٢
رمل متوسط	٠,٣-٠,٥	٣٢-٥٣	٣,٦-٦
رمل ناعم	٠,١-٠,٢	٨-٢١	١,٢-٢,٤
رمل ناعم جدا	٠,٠٥-٠,٨	٢,٩-٦	٠,٢١-٠,٤٥
طمي	٠,٠١-٠,٠٤	٠,١٥٤-٢,١	٠,٠٨٤-٠,١٣
طمي ناعم	٠,٠٠٥-٠,٠٠٨	٠,٠٣٥-٠,٠٩١	٠,٠٢١-٠,٠٠٥٤
طفلة	٠,٠٠١٥-٠,٠٠٤	٠,٠٠٣٥-٠٠,٠٢١	٠,٠٠٠١٩-٠,٠٠١٣
طفلة ناعمة	٠,٠٠٠١-٠,٠٠١	-٠,٠٠١٥٤ ٠,٠٠٠١٥٤	-٠,٠٠٠٠٠٨ ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠٨٤
اجسام هلامية	اقل من ٠,٠٠٠١	لا ترسب اطلاقا	لاترسب اطلاقا

ويلاحظ من الجدول السابق مايلي :

- انه كلما زاد قطر المادة العالقة كلما زاد سرعة ترسيبها .
- انه كلما زادت كثافة المادة العالقة كلما زادت سرعة ترسيبها .

ثالثا قدم مياه الصرف

المواد الصلبة تترسب في المياه القديمة المتعفنة بدرجة اقل من المياه الطازجة الحديثة لان التكسير البيولوجي للمواد في مياه الصرف القديمة يقلل وينقص من حجم الجسيمات والجزيئات ، وايضا المواد الهلامية الناتجة عن التفاعلات

البيولوجية تجعل بعض الجسيمات تطفو فوق سطح المياه ومن ثم تقلل من عمليـــة ترسيبها .

رابعا خواص وطبيعة الجسيمات

الجسيمات ذات الكثافة الاعلي تترسب بسهولة عن الجسيمات الخفيفة ، والاجســام التي لها مساحة سطح كبيرة بالنسبة لوزنها تترسب بدرجة اقل نسبيا من الاجســام ذات مساحة السطح الاقل بالنسبة لوزنها .

والجسيمات ذات الاشكال غير المنتظمة تترسب ابطيء من الجســيمات المنتظمــة الشكل لان الجسيمات غير المنتظمة الشكل تحتوي علي تجاويف كثيرة .

وعموما حجم وشكل وكثافة الجسيمات العالقة تعتمد علي شبكة المجاري وانـــواع نظم الصرف والممرات داخل نظم المعالجة وايضا شبكة تجميع المجـــاري وقـــدم وحداثة مياه الصرف، بالاضافة الي ان بعض انظمة المعالجة التمهيدية كالضـــخ تؤثر علي شكل وطبيعة الجسيمات العالقة وقد تقلل من قدرتها علي الترسيب.

خامسا الحرارة

كفأءة الترسيب الابتدائي تقل عموما في الشتاء لزيادة لزوجة المياه فـــي درجـــات الحرارة المنخفضة فيزداد العمليات والنشاط البيولوجي بازديـــاد درجـــة الحـــرارة فمياه لمجاري تاتي من شبكات التجميع طازجة وتدخل احواض الترسيب الابتدائي التي قد ينشط بها عمليات انتاج الغازات وهي عمليات بيولوجية مما يـــؤدي الـــي الابطاء من عملية الترسيب.

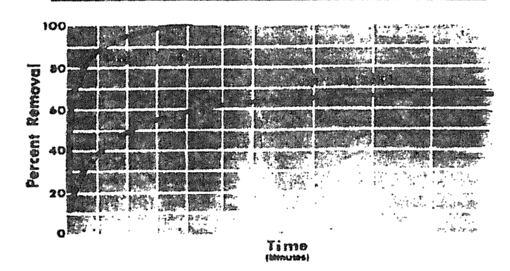
سادسا زمن الترسيب

يعد الزمن اللازم لحدوث عملية الترسيب عاملا مهما مؤثرا في العملية فبداية عملية الترسيب تختلف عن نهايتها من حيث معدل الترسيب ونوعية المواد المترسبة فتميل المواد القابلة للرسوب Settlable Solids الي الرسوب سريعا داخـــل الأحـــواض

وايضا المواد العالقة الكبيرة والثقيلة تترسب سريعا بمعدل اكبر من المواد العالقـة الصغيرة والدقيقة .

والشكل التالي يبين كفاءة الترسيب الابتدائي مع الزمن.





شكل ٢-١١ كفاءة الترسيب الابتدائي للمواد القابلة للترسيب والمواد العالقة مع الزمن

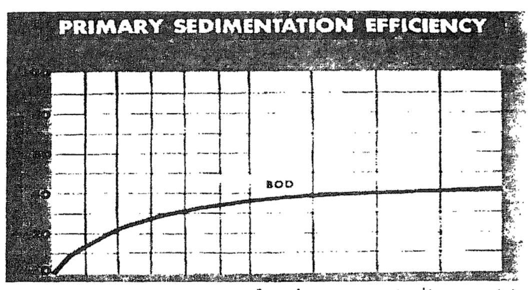
ونلاحظ من هذا الشكل أن ترسيب المواد القابلة للترسيب يبـدا سـريعا ونسـبة التخلص منها اعلي من المواد العالقة.

في بداية زمن الترسيب وذلك لان المواد القابلة للترسيب أكبر في الحجم واثقـل وزنا لذا ترسب أسرع وبنسبة كبيرة في وقت قصير نسبيا .

ومع مرور الوقت يبدا ترسيب المواد العالقة مع الزمن لان حجم حبيباتها اصغر في الحجم واقل وزنا ويلاحظ انها مع الزمن يزداد معدل ترسيبها و نسبة التخلص منها الي وقت وزمن معين يكون معدل ترسيبها بمرور الزمن شبه ثابت.

ويوثر الزمن ايضا في كفاءة ازالة المواد العضوية من حوض الترسيب وهذا ما يوضحه الشكل التالي الذي يبين كفاءة احواض الترسيب الابتدائي في ازالة الاكسجين الحيوي المستهلك (المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا) بمرور الزمن.

والسبب في ذلك ان نسبة كبيرة من المواد العالقة الت يتم ترسيبها في احواض الترسيب الابتدائي ذات طبيعة عضوية وبالتالي فان ازالة المواد العالقة يصحبه ازالة للمواد العضوية الموجودة في المياه .



شكل ٢-١٢ كفاءة الترسيب الابتدائي في ازالة الاكسجين الحيوي المستهلك بمرور الزمن

ويلاحظ انه مع مرور الزمن تزداد نسبة الازالة تدريجيا الي ان تصل الي درجة معينة تكون فيها نسبة الازالة شبه ثابتة زذلك لان قدرة حوض الترسيب الابتدائي في ازالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا تتراوح بين ٣٠ الي ٤٠% .

العوامل الهندسية المؤثرة علي كفاءة الترسيب الابتدائي

والترسيب الأبتدائي ينجح في التخلص من حوالي ٥٥ - ٦٠% من المواد الصلبة العالقة SS ، وحيث ان هذه المواد الصلبة العالقة تحتوي علي مواد عضوية قابلة

للتحلل بيولوجيا ، فالترسيب الأبتدائي يقوم بالتخلص من ٣٠. والذي يعبر عنه بالأكسجين الحيوي المستهلك BOD – ٣٥ % من هذه المواد العضوية .

و ايضا يتم داخل أحواض الترسيب الأبتدائي ازالة الجسيمات الطافية المسماة بالزبد او الغثاء حيث تطفو فوق أحواض الترسيب ويتم كشطها وازالتها .

فمثلا بفرض ان المياه الداخلة لاحوض الترسيب الأبتدائي تحتوي علي ٣٥٠ مليجرام / لتر من المواد العالقة ، ٢٠٠ مليجرام ,BOD اكسجين حيوي مستهلك فان المواد الخارجة من حوض الترسيب تحتوي عل ١٥٠ مليجرام مواد عالقة TSS ٣٠٠ مليجرام من BOD وهذه المياه المنتجة تكون صالحة لصرفها مباشرة في البحر بدون معالجة اخري بطريقة معينة حيث يمكن لمياه البحر استيعابها داخل منظومتها البيئية .

ولكي يتم ترسيب أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة لابد ان تتوافر عوامل هندسية مختلفة في تصميم وتشغيل أحواض الترسيب ومن هذه العوامل :

(أ) السرعة الأفقية للمياه في الاحوض.

(ب) المساحة السطحية للأحواض.

(ج) مداخل الأحواض ومخارجها.

(د) طريقة سحب الرواسب من الأحواض.

ويضاف الي هذه العوامل عوامل اخري خاصة بخصائص المياه ومكوناتها وطريقة التشغيل لعمليات الترسيب منها :-

١- تركيز المواد العالقة في المياه.

٢- شكل المواد العالقة.

٣- حجم المواد العالقة.

٤- كثافة المواد العالقة.

٥- مدة بقاء المياه في الحوض.

٦- سرعة جريان المياه في الحوض.

٧- المساحة السطحية للحوض ونسبة الطول الي العرض.

٨- التيارات الثانوية.

٩- اختصار المياه لمسارها.

١٠- طريقة تنظيف الحوض من لرواسب.

١. تركيز المواد العائقة

هذا التركيز يمكن ان يزيد من كفاءة عملية الترسيب، نظرا لاحتمال تصادم الحبيبات العالقة ببعضها مما قد يسبب التحامها في حبيبات اكبر ومن ثم يكون ترسيبها اسهل واسرع ،مما يعني أنه بزيادة تركيز المواد العالقة في المياه تزداد أحتمالية وكفاءة الترسيب.

٢. شكل المواد العالقة

كلما اقترب شكل الحبيبات العالقة من الشكل الكروي كلما كان ترسيبها أسرع واكفأ (نظرا لانه كلما زادت كروية الشكل كلما قل احتكاكه بالوسط المحيط وهو المياه وبالتالي لا يجد مقاومة في الترسيب ويترسب اسرع).

٣. حجم المواد العالقة

الترسيب الطبيعي يعتمد علي حجم المواد الصلبة ، فالبنسبة للاحجام الصغيرة للمواد العالقة لكي تترسب لمسافة ١٠٠ سم داخل الحوض :-

تحتاج المواد بقطر ١ مم الي ٦ ثواني

والمواد بقطر ٠,١ مم الي ثلاث دقائق

والمواد بقطر ٠,٠١ مم الي ثلاث ساعات

والمواد بقطر ٠,٠٠١ مم الي ٣٠٠ ساعة

والمواد بقطر ٠,٠٠٠١ مم الي ١٥٠٠ يوم.

٤ . كثافة المواد العالقة

الكثافة تعني كتلة في حجم معين عند درجة حرارة معينة ، ومن ثم فانه كلما زادت كثافة الحبيبات الصلبة زاد ت كتلتها وبالتالي زادت سرعة هبوطها ، وكلما زادت سرعة الهبوط زادت كفاءة الترسيب ، ومن هنا نستطيع القول انه بزيادة كثافة المواد العالقة تزداد كفاءة الترسيب .

٥ . مدة بقاء المياه في الحوض Detention Time

هي الفترة الزمنية التي تمكثها كمية معينة من المياه من لحظة دخولها حوض الترسيب الي لحظة خروجها منه ، وهي النسبة بين حجم الحوض وتصرف المياه خلال زمن معين ،وتتراوح من عدة دقائق الي بضع ساعات تبعا لنوعية أحواض الترسيب من جهة وطبيعة المياه والمواد العالقة من جهة اخري .

ويمكن رسم وتحديد علاقة بين كفاءة الترسيب ومدة بقاء المياه داخل الحوض ، وقد وجد ان معدلات الترسيب تزيد كلما زادت مدة بقاء المياه داخل حوض الترسيب وذلك الي حد معين يبدا عندها معدلات الترسيب في التناقص بزيادة مدة البقاء ، وهذا يعني ان زيادة المدة اكثر من اللازم ، لا يزيد من كفاءة الترسيب الا بنسبة صغيرة .

فمثلا ان كفاءة الترسيب بعد ساعتين تصل الي ٦٥ – ٧٠ % ، فاذا ضاعفنا مدة بقاء المياه في الحوض الي اربعة ساعات تصل كفاءة الترسيب الي ٧٥ % اي حوالي ٨ % فقط لا تبرر مضاعفة تكاليف انشاء وتشغيل احواض جديدة.

ومن المهم ذكر كل من مدة البقاء(المكث) النظرية ومدة البقاء الفعلية.

مدة البقاء النظرية أو مدة المكث النظرية :

هي المدة النظرية المفروض أن تمكثها نقطة مياه بالحوض ، وبمعني آخر هي المدة التي تلزم لنقطة المياه التي تقطع فيها المسافة بين مدخل الحوض ومخرجة بالسرعة النظرية .

مدة البقاء الفعلية :

هي المدة الفعلية التي تقطع فيها نقطة المياه المسافة بين مدخل الحوض ومخرجه.

وقد استخدمت عدة أنواع من أحواض الترسيب (خلاف طريقة الملء والتفريــغ) يستمر فيها سريان الماء بالحوض ، وروعي في تصميمها أن تكون سرعة الميــاه بها بطيئة ومدة بقائها بها كافية بحيث تسمحان بترسيب غالبية المواد العالقة بميـاه الصرف ــ وصممت في بادئ الأمر بسعة تسمح بمدة بقــاء نظريــة ٢٤ ســاعة أنقصت تدريجياً حتى أصبحت في بعض الحالات ساعة واحدة ، ويرجع السبب ذلك إلي أن كثير من المواد العالقة ترسب في الساعة الأولى وغالبيتها ترسب في الثلاث الساعات الأولى من بدء عملية الترسيب ، وبعد ذلك تقل كمية الراسب منها كثيــراً مما لا يتناسب مع زيادة سعة الأحواض وبالتبعية زيادة تكاليف إنشائها ، هذا علاوة علي أن بقاء مياه الصرف مدة طويلة بهذه الأحواض بعيدة عن الشمس والهــواء اللهم إلا الطبقة السطحية بالحوض إن لم تكن مغطاة بالخبث) يزيد فــي درجــة تعفنها وتعقيدها ؛ مما يزيد من تكاليف معالجتها في الخطوات التــي تلــي عمليــة الترسيب . هذا بالإضافة إلي ما ينبعث منها من رائحة كريهة للغاية .

٦- سرعة جريان المياه في الحوض

كلما قلت سرعة الماء في الحوض زادت كفاءة الترسيب . ويفضل الا تتجاوز هذه السرعة ثلاثين سنتيمترا في الدقيقة (٣٠سم / دقيقة) او من عشرين الي اربعين ضعف سرعة هبوط الحبيبات العالقة المراد ترسيبها .

٧. المساحة السطحية للحوض ونسبة الطول الي العرض

افترض العالم هيزن تقسيم للحوض المثالي للترسيب الجيد الي اربعة مناطق :-

منطقة المدخل حيث يتم توجيه المياه لتسير بانتظام بكامل قطاع الحوض ، منطقة الترسيب حيث تسير المياه بسرعة صغيرة كافية لترسيب المواد العالقــة ، منطقــة المخرج حيث يتم توجيه المياه لتخرج من هدار المخرج ، ومنطقة الرواسب حيث

يتم تجميع الرواسب.

وطبقا لهذا التقسيم فان كفاءة الترسيب تعتمد علي المساحة السطحية وسرعة هبوط المواد العالقة والتصرف الداخل الي الحوض ، وعمليا لابد من مراعاة النسبة بين طول الحوض وعرضه لما في ذلك من تأثير علي كفاءة الترسيب ، حيث ان عدم الانتظام بين نسبة الطول والعرض يؤدي الي عدم انتظام دخول المياه الي الحوض وخروجه منه مما قد يولد تيارات ثانوية او مناطق مشلولة في الأحواض العريضة نسبيا مما يقلل من كفاءة الترسيب .

وعموما فان الاتجاه السائد حاليا الي انشاء احواض الترسيب الدائرية لما لها من كفاءة اكثر من الأحواض المستطيلة وقلة مشاكل تشغيلها وصيانتها .

٨.التيارات الثانوية

هذه التيارات تنشأ من التغير في درجات حرارة الماء اثناء تواجده في الماء فترة طويلة وما يستتبع ذلك من تيارات حمل حرارية ، وقد تنشأ هذه التيارات بفعل الرياح في الأحواض الكبيرة نسبيا وعند مداخل ومخارج الأحواض وهذه التيارات الثانوية تقلل من كفاءة الترسيب .

كما ان اختلاف درجة حرارة المياه الداخلة الي الحوض عن درجة حرارة المياه الموجودة به يؤدي الي تولد التيارات الثانوية والمناطق المشلولة (يحدث عندها اقل ترسيب ممكن) .

فاذا كان الماء الداخل اعلي حرارة من الماء الموجود كان سير الماء مخلفا منطقة مشلولة عن المخرج ، اما اذا كان الماء الداخل اقل حرارة من الماء الموجود كان سير الماء مخلفا منطقة مشلولة عند المدخل .

٩. اختصار المياه لمسارها

وهذا يحدث عند عندما تكون درجة حرارة المياه الداخلة الي الحوض اعلي من درجة حرارة المياه الموجودة فعلا في الحوض وبذلك تكون اقل كثافة عندئذ وتطفو

المياه الداخلة فوق المياه الموجودة في الحوض – ولا تمتزج المياه جيدا داخل الحوض مما يسبب سرعة جريان المياه في الأحواض وبالتالي نقص في مدة بقاؤها في الحوض ومن ثم انخفاض في كفاءة الترسيب .

١٠. طريقة تنظيف الحوض من ا لرواسب

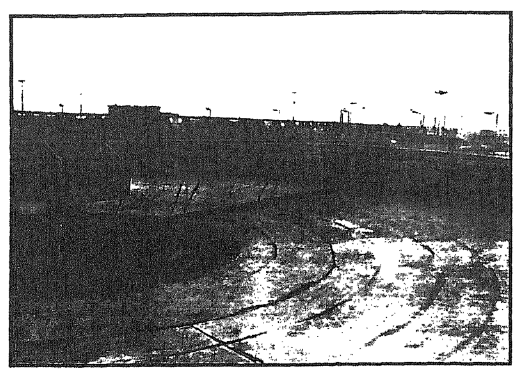
يجب اتباع طريقة جيدة لتنظيف الحوض من الرواسب لا تسبب عطلا في تشغيل الحوض او تسبب اثارة للرواسب في القاع عند تجميعها – مما يجعلها تعود للمياه مرة اخري كمواد عالقة لم ترسب بعد ، كما ان تباعد الفترات في عملية ازالة الرواسب وتجميعها قد يؤدي الي تحللها لاهوائيا وتوالد بعض الغازات الغير مرغوب فيها فتتصاعد هذه الغازات حاملة معها بعض الرواسب من القاع مما يؤثر علي كفاءة الترسيب.

وهذا التعفن يكون بسبب نشاط البكتريا اللاهوائية مع الحمأة . وينتج عن ذلك تصاعد فقاعات من الغازات المتصاعدة التي تلتصق بجزيئات المواد القابلة للترسيب وتعمل كعوامات تمنع مثل هذه المواد من الرسوب للقاع .

ويفضل سحب الحمأة لمدة قصيرة وفي فترات متقاربة عن سحبها لمدة طويلة وفترات متباعدة ، وافضل الطرق اذا امكن ضبط معدل سحب الحمأة بصفة مستمرة . ويجب مراعاة ان تكون معدلات سحب الحمأة بطيئة لان زيادة سرعة السحب بفتح صمام التحكم بسرعة يؤدي لخروج قليل من الحمأة وكثير من الماء ، وتيار الماء الخارج بسرعة لا يسمح للحمأة اللاصقة بجدارن منطقة تجميع الحمأة في حوض الترسيب بالخروج.

أحواض الترسيب الأبتدائي

توجد أنواع عديدة من أحواض الترسيب ، ويتوقف اختبار أي منها علي عوامل عديدة منها حجم التصريف المراد معالجته وطبوغرافية موقع أعمال المعالجة ونوع تربته مع مراعاة الناحيتين الفنية والاقتصادية



صورة لاحد احواض الترسيب الدائرية فارغا يبين بعض من مكوناته

وتنقسم غالبة أنواع أحواض الترسيب إلي الأنواع التالية :

أ ـــ من حيث إتجاه سير المياه : رأسي ـــ أفقي ـــ دائري

ب ـــ من حيث شكل الحوض : مستطيل ـــ مربع ـــ دائري

ج ـــ من حيث طريقة سحب الحمأة : يدوي ـــ ميكانيكي ـــ بضغط المياه

د ـــ من حيث مناسب قاع الحوض : أفقي ـــ بميل بسيط ـــ هرمي شديد الميل

شروط أحواض الترسيب

يراعي عند أنشاء أحواض الترسيب أن تستوفي الاشتراطات الآتية

أ ـــ أن تكون السرعة بها بطيئة في حدود تسمح للمواد العالقة بالرسوب.

ب ـــ أن تكون مدة البقاء الفعلية كافية لرسوب المواد العالقة إلي قاع الحوض قبل وصولها لمخرجة ، مع مراعاة ألا تكون مدة البقاء سبباً في زيادة نسبة تعفن مياه الصرف بالحوض زيادة كبيرة .

ج ـ أن تكون مدة البقاء الفعلية أقـرب إلـي مـدة البقـاء النظريـة اللازمـة.
د ـ ألا يسمح للخبث الطافي بالخروج مـع السـيب الخـارج مـن الحـوض .
هـ ـ عدم السماح بأي حركة فـي قـاع الحـوض تثيـر مـا يرسـب بـه .
و ـ أن يختار نوع الحوض مناسباً لتربة الموقع وظروفـه ونـوع وكميـة ميـاه الصرف المطلوب معالجتها بحيث تكون أقل الأنواع في تكلفة إنشـائها وتشـغيلها وصـيانتها مـع الحصـول علـي نسـبة الترسـيب المطلوبـة .

لذا فكل الجهود موجهة ألي توفير هذه المميزات بأحواض الترسيب للحصول علـي حوض الترسيب المثالي . وأكثر أنواع الترسيب استخداماً هي الأحواض المستطيلة المسـماة بـأحواض ليبـزج والأحـواض الدائريـة المسـماة دورتمنـد.

أحواض الترسيب الأبتدائي المستطيلة (ليبزج) :-

كانت تنشأ بعمق حوالي ٥ أمتار وبطول يتراوح بين ثلاث إلي أربع أمثال العرض ومدة بقاء ٢٤ ساعة خفضت إلي ١٢ ساعة ثم إلي أربع ساعات وحالياً تصمم علي مدة بقاء تتراوح بين ساعة وثـلاث سـاعات .

وقد لوحظ إن المياه بهذه الأحواض لا تسير بكامل قطاع الحوض بل تسير في حيز ضيق منه ، إما بأعلاه إن كانت درجة حرارة مياه الصرف الداخلة إليه أعلي مـن درجة حرارة المياه الموجودة بداخلة ، أو بأسفلة إن كانت درجة حـرارة الميـاه الداخلة للحوض أقل من درجة حرارة مياه الحوض ؛ فتثير بذلك ما تم ترسيبه من مواد بقاع الحوض . ولصغير القطاع الذي تسير به المياه فالسرعة الفعلية بالحوض تزيد كثيراً عن السرعة التصميمية (النظرية) ، وبالتبعية فمدة البقاء أقل بكثير من المدة اللازمة ، وتكون النتيجة قلة الترسيب وضعف كفاءة الحوض ، كما لـوحظ خروج المواد الطافيـة مـع السـيب الخـارج.

ولما كان الحيز الذي تسير به المياه بالحوض صغيراً بالنسبة إلي عمقه فقـد رأي

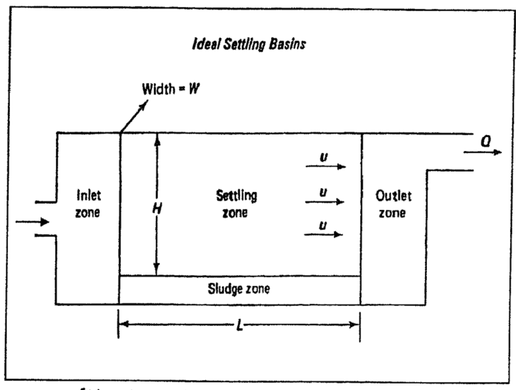
المصممون توفيراً للتكاليف أن يكتفي بعمق بسيط وتغالوا في تصغير عمق الحوض فصمموا الحوض بعمق حوالي ١ متر ، وزادوا من عرضه لتقليل السرعة ، وصمم طول الحوض بما يسمح بالحصول علي مدة البقاء اللازمة ظناً منهم أن هذه الطريقة تعطي سرعة بطيئة ومدة بقاء كافية وكفاءة عالية ، إلا أن هذه الطريقة أعطت نتيجة عكسية لما كان منتظراً ؛ إذ انخفضت كفاءة ترسيب الحوض وأتضح أن هذا العمق البسيط يسبب إثارة دائمة لما قد يرسب بقاع الحوض من مواد ، لذا بعد عدة تجارب وجد أنه يجب ألا يقل عمق الحوض عن ٢,٥ متر وألا يزيد عن حوالي ٣,٠ أمتار.

كما وجد أن إنشاء حاجزين بطول عرض الحوض أحدهما قريب من المدخل والأخر قريب من المخرج وكل منهما (ساقط) تحت سطح منسوب المياه بحوالى ٥٠ سم يزيد من كفاءة ، فحاجز المدخل يوقف اندفاع سرعة المياه الداخلة للحوض ويلزمها بالاتجاه نحو سفلة مما يساعد علي عملية الترسيب . وحاجز المخرج يحجز المواد الطافية من الخروج مع السيب الخارج.

ولقد تحسنت بذلك كفاءة أحواض الترسيب إلا أنة استمر وجود عمق بالحوض غير مستفاد به علاوة علي ما تثيره المياه الداخلة (ذات درجة الحرارة الأقل من درجة حرارة المياه الموجودة بالحوض) للمواد الراسبة بقاعة ، والشكل رقم (٢ يوضح خط سير المياه بحوض ترسيب مستطيل مزود بحاجزي المدخل والمخرج .

ويجب أن ينشأ أكثر من حوض ترسيب لمقابلة التصريف الوارد وعدم الاعتماد علي حوض واحد لمرونة التشغيل ، ولإمكان تفريغ أحدهما لتنظيفه أو إصلاحية أو لأي سبب آخر دون أن يحدث تأثيراً كبيراً علي كفاءة عملية الترسيب ، أما إن كان التصريف ضئيلاً فلا مفر من الاكتفاء بحوض واحد ويجب تجنب إنشاء الأحواض كبيرة المسطح لتجنب فعل التيارات الهوائية بالأحواض وتنظيف الحمأة يدوياً وغالباً ما تنظيف ميكانيكياً بواسطة زحافة تدار بقوى كهربائية بسيطة (حوالي

٢ حصان) ، وتسير علي قضبان , ويمكن استعمال زحافة واحدة لعـــدة أحـــواض متجاورة ، وللزحافة مشطان الأسفل لتنظيف قاع الأحواض من الحمـــأة والأخـــر علوي لتجميع الخبث من السطح.



شكل ٢-١٣ مخطط يبين تكوين احد احواض الترسيب المستطيلة

والشكل السابق يبين تكوين احد احواض الترسيب المستطيل

وفيها توجد المياه بحيث تسير في الحوض أفقيا بسرعة لا تصل إلى الحد الأدنـــى الذي يعوق عملية الترسيب على أن تكون هذه السرعة منتظمة في الحوض: وهذه الأحواض مستطيلة في المسقط الأفقي وهي الأكثر استعمالا في عمليات الترســـيب الطبيعي كما هو مبين بالرسم التخطيطي

ويتكون الحوض من ٤ مناطق:

- المنطقة الداخلية: وفيه يتم توزيع المياه علىالمقطع الأفقي للحوض.
- منطقة الترسيب: وفيها ترسب المواد العالقة.

- المنطقة الخارجية: وفيها يتم تجميع المياه الرائقة.
- منطقة الحمأة: وفيها تتجمع المواد الصلبة فى أسفل الحوض ثم يتم إزالتها نهائيا.

أحواض الترسيب الأبتدائي الدائرية

حوض الترسيب الأبتدائي الدائري الشكل عبارة عن حوض كبير الحجم ويتكون من الوحدات الأتية كما يبين الشكل القادم :-

١.المدخل

وهو عبارة عن ماسورة عموديةتدخل رأسيا في منتصف الحوض وبهـا فتحـات متساوية علي قطر الماسورة وعلي عمق منتصف الحوض تقريبا وهـذه الفتحـات مصممة علي هذا الارتفاع لكي تخرج منها المياه وتصد في حاجز دائري وبذلك يتم توزيع المياه بانتظام وسكون علي جميع سطح حوض الترسيب .

وتهدئة حركة المياه وحفظها ساكنة لمدة حوالي ٣ ساعات يسمح للجزئيات التي كثافتهـا أكبر من كثافة الماء بالرسوب الي القاع وجزئيات المواد التي كثافتها اقل من كثافة الماء مثل الزيوت والشحوم والشعر بالطفو علي السطح مكونة فيما يعرف بالخبث .

٢. مخرج المياه الرائقة

يتم تجميع المياه الرائقة بواسطة هدار مثبت علي القطر الداخلي لقناه تجميـع المياه التي تخرج من فتحة اسمها فتحة الخروج .، ومن الأهمية ان يكون الهـدار المصنوع من شريط من الصلب متساوي في المنسوب حتـي لا تسـمح الاجـزاء المنخفضة منه في خروج الماء دون ان يمكث المدة والمطلوبة ويخرج فـي هـذه الحالة عكرا ، في الوقت الذي يمكث الجزء الاخر من المـاء الملامـس للمنطقـة الاعلي مدة اطول من اللازم فتنشط البكتريا اللاهوائية مسببة عفونة وبالتالي تقل كفأءة تشغيل حوض الترسيب .

ولهذا السبب يتم ظبط منسوب الهدار بالتساوي بأستعمال ميزان المياه مستخدمين مسامير التثبيت التي تظبط المنسوب علي طول معدن الهدار .

٣.كاسح الحمأة

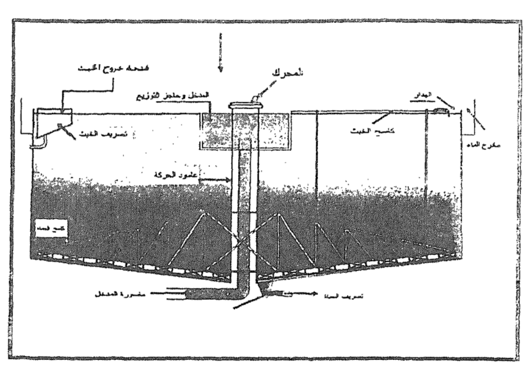
يتم تجميع المواد المترسبة في قاع حوض الترسيب بواسطة كاسح يدور ميكانيكيا بسرعة بطيئة (حوالي من متر الي مترين في الدقيقة) لا تسمح بخلخلة المواد الراسبة ، ومثبت علي الكاسح من اسفل طرف من الكاوتشوك ملامس للارضية يعمل علي تجميع الرواسب في حجرة تجميع لرواسب الموجودة في منتصف الحوض .

٤. مخرج الحمأة المترسبة

تخرج الرواسب المتجمعة في حجرة التجميع الموجودة في قاع الحوض من خلال ماسورة محكمة بصمام يعمل يدويا ، وتسمي الرواسب الخارجة من الحوض الأبتدائي بالحمأة الأبتدائية وهي تتكون من مواد اكثر كثافة من المواد التي تخرج من أحواض الترسيب الثانوية التي تسمس بالحمأة المنشطة او الحمأة الثانوية .

٥. كاسح الخبث

يتم تجميع المواد الطافية علي السطح بواسطة كاسح يلامس سطح الماء ويعمل ميكانيكيا بواسطة حركة كاسح الحمأة وبنفس سرعته ، وتخرج هذه المواد الطافية بعد تجميعها من فتحة مخصصة لخروج الخبث وهي عادة موجودة في مستوي اعلي من فتحة خروج المياه الرائقة.

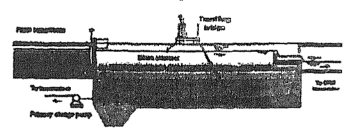


شكل ٢-١٤ مخطط لمكونات حوض ترسيب ابتدائي دائري الشكل

والشكل التالي يبين مقطع في حوض ترسيب ابتدائي وفيه يظهر كاسح الرواسب المحمول علي قنطرة والذي يكسح الرواسب الصلبة المترسبة الي قاع الحوض حيث تسحب بمضخة سحب الرواسب

ويوجد مرتبط بالقنطرة كاشط الزيوت والدهون والذي يكشط المواد الطافية التي تتواجد علي سطح الحوض .

وتتحرك القنطرة بطول الحوض كاسحة وكاشطة الرواسب والمواد الطافية اذا كان الحوض مستطيل الشكل او تدور القنطرة في حركة دائرية اذا كان الحوض دائري الشكل.



SCHEMATIC OF PRIMARY CLARIFIER (Primary Sedimentation Tank)

شكل 2-15 مقطع في حوض ترسيب ابتدائي

أسس تصميم أحواض الترسيب الأبتدائي.

١ . معدل التحميل السطحي يتراوح من ١٥ الي ٣٥ متر مكعب /متر مربع / يوم

٢ . مدة بقاء المياه في الأحواض حوالي من ساعتين الي ثلاث ساعات .

٣ . يفضل الا يقل عمق الحوض عن ٤ متر .

٤ . السرعة الأفقية لا تتعدي ٣٠ سم في الدقيقة .

٥ . سرعة زحافات كسح الرواسب من القاع لاتتخطي سرعة المياه الأفقية ٣٠ سم / دقيقة .

٦. يكون حيز تجميع الرواسب مناسب لتجميع الرواسب لمدة ١٢ ساعة .

طريقة تشغيل احواض الترسيب الابتدائي (الدائرية)

ا- قبل البدء في فتح المياه للاحواض ، تأكد من ان الحوض نظيف والأرضية خالية من اية مخلفات للبناء او مخلفات الصيانة كقطع الخشب أو بقايا الاسلاك والمعادن المتخلفة من اعمال اللحام وغيرها .

ب- تأكد من اتمام اعمال الصيانة الوقائية من تشحيم وتغيير زيوت .

ج- اكشف علي فتحات دخول المياه وخروجها وفتحة خروج الخبث والحمأة وتأكد من ان جميع الفتحات نظيفة وخالية من اية عوائق او انسداد .

د- أفحص جميع اجزاء وحدة الترسيب من كاسح الرواسب ، وتأكد بان الكاسحة الكاوتشوك سليمة ومثبتة جيدا وملاصقة للارضية وليس في طريقها اية عوائق تعوق دورانها .

ر - أنظر الي لوحة التوصيلات الكهربية ، وتأكد من ان جميع التوصيلات سليمة وان الموتور جاهز للعمل قبل توصيل التيار الكهربي .

ز - قم بتشغيل وحدة كسح الرواسب وراقب كيفية دورانها خلال ثلاث دورات كاملة ولاحظ مرونة تشغيلها ، وتأكد من عدم وجود اي اهتزاز او ارتجاج اواصوات غير عادية .

س- بعد التأكد من نظافة الحوض وكفاءة الاجهزة المركبة وسلامة التوصيلات ، ابدا في فتح بوابة الدخول .

م - بعد فتح بوابة الدخول وتدفق المياه الي حوض الترسيب ، ابدا في اخذ عينات من المياه الداخلة والخارجة من حوض الترسيب بعد ٨ ساعات من بدء التشغيل واحسب كفاءة الحوض في ازالة المواد القابلة للرسوب .

ن - ابدأ بتصريف الحمأة الابتدائية المترسبة بقاع حوض الترسيب بصفة دورية ، ولاحظ بان يكون تركيز الحمأة من لا يقل عن ٤ % ولا يزيد عن ٨ % ، حيث ان تصريف الحمأة وهي في تركيز اقل من ٤ % يزيد من تكليف التشغيل في الوقت الذي يسبب تركيز الحمأة الي اكثر من ٨ % متاعب ومشاكل قد تؤدي الي زيادة الحمل علي وحدة كسح الرواسب ووجود فرصة لتحلل الحمأة المترسبة بالقاع لاهوائيا وتعفنها.

و- يجب القيام بصيانة دورية ووقائية لاحواض الترسيب ، وفيها يتم تفريغ الحوض وتنظيفه يدويا والكشف علي القاع والجدران وعمل الترميمات اللازمة ودهان الاجزاء المعدنية لحفظها من الصدأ والتاكل بالاضافة الي القيام بعمليات التشحيم والتزييت وتغيير الزيوت للاجزاء الميكانيكية التي تحتاج ذلك وطبقا لتعليمات المنتج .

ي- احذر العمل في الوحدة قبل فصل التيار الكهربي تماما عن الوحدة وذلك لسلامتك وسلامة جميع العاملين في الوحدة .

العوامل التي تؤثر في كفأءة تشغيل أحواض الترسيب الأبتدائي

لكي يتم تحقيق اقصي كفأءة ترسيبية ممكنة لأحواض الترسيب الأبتدائي فانه يجب مراعاة الاجرأءات الأتية قدر الامكان:

* المحافظة علي نظافة فتحات خروج دخول وخروج المياه والهدار من تراكم اي مخلفات عليها لكي تحافظ علي سريان تيار المياه بدون اضطراب في سرعته ، والنظافة تتم بسهولة بأستعمال خرطوم المياه وفرش النظافة .

* الاهتمام بنظافة سطح حوض الترسيب من المواد الطافية ، فالخبث المتجمع يجب العمل دائما علي اخراجه من فتحة خروج الخبث ، فتراكم الخبث فوق سطح الحوض بسبب الروائح الكريهه ويجعل منظر سطح حوض الترسيب غير ملائم .

* درجة الحرارة : لزوجة الماء تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة حيث ان الحرارة تعمل علي تقليل قوي التجاذب بين الجزيئات ومن ثم يزداد معدل ترسيبها ، وفي حالة انخفاض درجة الحرارة يصعب علي الجزئيات القابلة للترسيب في النزول للقاع ، ويلاحظ انه في الجو البارد يصعب ضخ الحمأة ودفعها الي خطوط الطرد عنه في الجو الحار ولكن من عيوب الجو الحار انه يعمل علي تعفن الحمأة اسرع من الجو البارد .

* دوائر القصر

يجب ان تدخل مياه المجاري الي المروقات(أحواض الترسيب الأبتدائية) بدون ان تحدث اي خلخلة او اضطراب علي سطحه ، ويجب ان يتم انتشار هذه المياه بالتساوي علي كل مساحة سطح المروق ، كما يجب ان تتساوي السرعة في جميع مناطق المروق في اتجاه الخروج ، وفي حالة حدوث اي اضطراب في سرعة او اتجاه التيار بسبب تراكم مخلفات علي بعض مناطق الهدار أو بسبب اختلاف منسوب بعض اجزاء الهدار فمثل هذه الأسباب تؤدي الي دوائر القصر وبالتالي انخفاض كفأءة الترسيب والترويق .

* زيادة الحمل يجب المحافظة علي تحميل المروق طبقا للكمية المصمم عليها فزيادة التحميل يؤدي الي سرعة دخول المياه عن معدل تصميم الوحدات وسرعة

خروجها والتقليل من فترة المكوث بالمروق وكل هذه الأسباب تؤدي الـــي تقليــل كفاءة المروق .

* <u>طريقة سحب الحمأة</u>

عدم ازالة الحمأة يؤدي الي سرعة حدوث حاله التعفن بسبـــب نشـــاط البكتريـــا اللاهوائية مع الحمأة . وينتج عن ذلك تصاعد فقاعات من الغازات المتصاعدة التي تلتصق بجزيئات المواد القابلة للترسيب وتعمل كعوامات تمنع مثل هذه المواد مـــن الرسوب للقاع .

ويفضل سحب الحمأة لمدة قصيرة وفي فترات متقاربة عن ســـحبها لمـــدة طويلـــة وفترات متباعدة ، وافضل الطرق اذا امكن ضبط معـــدل ســـحب الحمـــأة بصـــفة مستمرة . ويجب مراعاة ان تكون معدلات سحب الحمأة بطيئة لان زيادة ســـرعة السحب بفتح صمام التحكم بسرعة يؤدي لخروج قليل من الحمأة وكثير من الماء ، وتيار الماء الخارج بسرعة لا يسمح للحمأة اللاصقة بجدارن منطقة تجميع الحمـــأة في حوض الترسيب بالخروج.

والطريقة الصحيحة لسحب الحمأة هي فتح الصمام ببطء و ملاحظة درجة كثافـــة الحمأة الخارجة وكلما لوحظ ان كمية من الماء بدأت تخرج مع الحمأة يزاد فتحـــة الصمام وببطء ، ويجب ان يعلم العاملين في تشغيل المروقات الأبتدائية ان ســـحب الحمأة بتركيز اقل من ٣ في المائة يزيد تكاليف التشغيل وتكاليف تجفيفها وتركيزها ، وكذلك اذا تركت الحمأة للتركيز بدرجة أكبر من ٦ في المائة فيؤذي ذلك الـــي متاعب في التشغيل بسبب احتمال زيادة الحمل علي كاسحات الحمـــأة وافضـــل تركيز للحمأة عند سحبها يكون عادة بين ٤ الي ٧ في المائة .

بعض الطرق الحسابية لأحواض الترسيب الأبتدائي (المروقات)

١- طريقة حساب مدة المكوث في المروق

مثال أحسب عدد الساعات التي يمكثها الماء في مروق دائري قطـــره ٤٥ متـــر وعمقه ٣,٥ متر ومعدل تحميله ٥٠٠٠٠ متر مكعب يوم .

الحل :-

مدة المكوث = حجم المروق (متر مكعب) / معدل التصرف في المروق (متر مكعب في الساعة)

حجم المروق = مساحة السطح (متر مربع) × في الارتفاع (متر)

مساحة السطح = ٣,١٤÷٤ × ٤٥ × ٤٥ = ١٥٩٠ متر مربع

حجم المروق = ١٥٩٠ × ٣,٥ = ٥٥٦٠ متر مكعب

معدل التصرف بالساعة = ٥٠٠٠٠ ÷ ٢٤ = ٢٠٨٣ متر مكعب في الساعة

مدة المكوث = ٥٥٦٠ ÷ ٢٠٨٣ = ٢,٦٦ ساعة.

٢- طريقة حساب حمولة المواد العالقة علي المروق

مثال احسب حمولة المواد العالقة علي المروق أذا كان تركيزها في المياه الداخلة ٢٥٠ مجم / لتر ومعدل تحميله ٥٠,٠٠٠ متر مكعب في اليوم .

الحل :-

تركيز المواد العالقة = ٢٥٠ مجـــم / لتـــر = ٢٥٠ جـــرام / متـــر مكعـــب = ٠,٢٥٠كيلو جرام / متر مكعب

حمولة المواد العالقة

= تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام * معدل التحميل (مترمكعـــب فـــي اليوم)

= ٠,٢٥ × ٥٠,٠٠٠ = ١٢٥٠ كيلو جرام في اليوم .

٣ طريقة حساب كفـــأءة المروق

مثال أحسب كفأءة مروق معدل تحميله ٥٠٠٠٠ متر مكعب تـدخل فيـه المـواد العالقة بتركيز ٢٥٠ مجم في اللتر وتخرج منه بتركيز ١٥٠ مجم في اللتر .

الحل :-

حمولة المواد العالقة الداخلة

= تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام × معدل التحميل (مترمكعـب فـي اليوم)

= ٠,٢٥ × ٥٠,٠٠٠ = ١٢٥٠٠ كيلو جرام في اليوم

حمولة المواد العالقة الخارجة

= تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام x معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

= ٠,١٥ × ٥٠,٠٠٠ = ٧٥٠٠ كيلو جرام في اليوم

وزن المواد العالقة المزالة = ١٢٥٠٠ -٧٥٠٠ = ٥٠٠٠ كيلو جرام.

كفاءة المروق في ازالة المواد العالقة = (وزن المواد العالقة المزالة ÷ حمولة المواد العالقة الداخلة) x ١٠٠

= ٥٠٠٠÷١٢٥٠٠×١٠٠ = ٤٠ %

طريقة اخري لحساب كفأءة المروق في ازالة المواد العالقة

كفاءة عملية الترسيب =

(المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب - المواد العالقة الخارجة من حوض الترسيب) ÷ المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب

= [٢٥٠ - ١٥٠ ÷ ٢٥٠] ×١٠٠ = ٤٠ %

٤ طريقة حساب وزن الحمأة المسحوبة من المروق بالكيلوجرامات وحجمها بالمتر المكعب

مثال :

أحسب مقدار الحمأة المسحوبة من مروق حمولته ٥٠٠٠٠ متر مكعب في اليوم ودرجة تركيز المواد العالقة الداخلة ٢٠٠ مجم /لتر والخارجة ١٢٠ مجم /لتر ودرجة تركيز المواد الصلبة في الحمأة المسحوبة ٥ في المائة .

الحل : -

وزن المواد العالقة الداخلة = تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام x معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

= ٠,٢ × ٥٠٠٠٠ = ١٠٠٠٠ كيلو جرام في اليوم

وزن المواد العالقة الخارجة = تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام x معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

= ٠,١٢ × ٥٠٠٠٠= ٦٠٠٠ كيلو جرام في اليوم

وزن الحمأة المسحوبة في اليوم = ١٠٠٠٠-٦٠٠٠ = ٤٠٠٠ كيلو جرام في اليوم

حجم الحمأة المسحوبة بالمتر المكعب = وزن الحمأة ÷ تركيز المواد الصلبة

= ٤٠٠٠÷٠,٠٥ = ٨٠٠٠٠ كيلو جرام

= ٨٠ متر مكعب في اليوم.

الوقاية من اخطار العمل في منطقة أحواض الترسيب الابتدائية

لتقليل الاصابات واخطار العمل في منطقة المروقات يجب مراعاة ما يلي :

١- الحرص الشديد من الانزلاق بسبب عدم تنظيف الأرضيات وغسلها باستعمال خراطيم المياه وفرش النظافة فالمواد الطافية علي سطح المروق معظمها من الشحوم والزيوت والدهون وكلها مواد تعرض العاملين في المنطقة للسقوط والانزلاق .

٢- وقاية العاملين من الغرق في الأحواض والسقوط في المياه وذلك بتجهيز عوامة مربوطة بحبل نمساعده الغريق ومن اللازم تواجد شخص اخر احتياطي اثناء العمل ويراقب الاشخاص اثناء تنظيف الأحواض لكي يقدم لهم المعونة عند الضـــرورة ، والاستعداد دائما بتجهيز معدات المساعدة والوقاية اثناء العمل .

٣- يجب الامتناع من الجلوس او الوقوف علي اسوار الأحـــواض بـــدون داعـــي وبدون وجود ادوات الوقاية من خطر التزحلق والانزلاق.

٤- يجب العناية بتوفير الاضاءة الكافية في منطقة العمل والعمل علـــي اصــــلاح الانوار والحرص علي ان تكون مناطق العمل وخصوصا اماكن اخـــذ العينـــات للتحليل او مواضع صمامات سحب الحمأة بها اضاءة كافية لتوفير الامان للعـــاملين اثناء تادية واجباتهم .

٥- يجب الاحتراس الشديد من دخول المناطق التي بها مياه مجاري أو حمأة بدون استعمال اجهزة التنفس الصناعي الذاتي وملابس الوقاية وذلك للوقاية من الغــازات السامة الناتجة من التحلل اللاهوائي .

وهذه الغازات خليط من غاز كبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة مثل رائحـــة البيض الفاسد وغاز الميثان وهو غاز سريع الاشتعال وقد تصل درجة تركيزه الي حدوث انفجار وهناك ايضا غاز اول اكسيد الكربون وهو غاز سام جدا ولا رائحة مميزة له بالاضافة الي وجود مركبات اخري كثيرة خطرة يمكن وجودها في ميـــاه المجاري من مخلفات صناعية واحماض وقلويات وسموم مختلفة .

٦- اعمل علي تحويط الاماكن المفتوحة باسوار او حبـــال واو مؤقتـــة ومميـــزة للحرص علي عدم سقوط العاملين والمارين واصابتهم .

٧- تجنب الاقتراب من صناديق مفاتيح الكهرباء بلا داعي والكـــابلات الكهربيـــة وتأكد ان التيار الكهربي مفصول تماما من المصدر الرئيسي للتيار قبل بدء العمـــل في المروقات .

٨- تأكد من فصل التيار الكهربي تماما عن كاسح الحمأة قبل محاولة القيام بايـــة عملية إصلاح أو تنظيف ولا تستهين بان حركة الكاسح بطيئة ويمكن تجنب حدوث اصابات منها وأعلم جيدا ان كاسح الحمأة من القوة الشديدة في حركته البطيئة ولا تقف في طريقه ابدا فالاصابات التي تنتج منه خطيرة ومميتة.

الملاحظة البصرية لحوض الترسيب الأبتدائي

تعد المراقبة البصرية لحوض الترسيب الابتدائي من أهم عوامل التشـــغيل النـــاجح حيث ان المراقبة الجيدة هي احدي اهم التحكم في عمليات التشغيل.

فيجب مراقبة حوض الترسيب الأبتدائي وذلك لملاحظة اية مواد غريبة او ظواهر غير عادية قد تتواجد علي سطح الترسيب الأبتدائي والتاكد من ملائمـــة ظـــروف التشغيل ومرونتها والنقاط التالية توضح ما يجب مراقبته فـــي حـــوض الترســـيب الأبتدائي :

١- وجود مواد طافية بكميات كبيرة جدا علي سطح الحوض .

٢- وجود كميات من المواد الزيتية والدهون طافية فوق سطح الحوض.

٣- هل لون المياه ذو عكارة عالية داخل الحوض لوجود مواد عالقة لم تترسب .

٤- هل تنبعث من الحوض رائحة كريهة جدا .

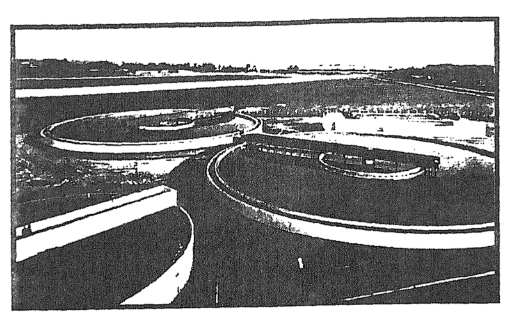
٥- هل تتصاعد بعض الغازات من الحوض حاملة معها بعض الرواسب مـــن القاع.

٦- هل كاشط الخبث يعمل جيدا ويزيل الخبث الطافي أم لا.

٧- هل الماء الخارج من حوض الترسيب رائق نسبيا ام لا .

٨- هل كاسح الحمأة يعمل جيدا ام لا .

٩ - هل فتحات خروج دخول وخروج المياه والهدار نظيفة وخاليـــة مـــن ايـــة تراكمات.



صورة لأحواض الترسيب الأبتدائي الدائرية

مشاكل التشغيل في أحواض الترسيب الأبيتدائي

تستقبل أحواض الترسيب الأبتدائي المياه بعد حجزها مـن المصـافي ومرورهـا بأحواض حجز الرمال لحجز الرمال والحصي وبعد ان يتم التخلص من الاجسـام العالقة والطافية الكبيرة طبقا لحجم الفتحات في المصافي ، وترفع المياه بطلمبـات حلزونية الي تلك الأحواض.

ويتم داخل حوض الترسيب التخلص من المواد الصلبة العالقة بالترسيب والمـواد القابلة للطفو وذلك بحفظ مياه المجاري في حالة هدوء لفترة من ١ الي ٤ ساعات، حيث تتمكن الجزيئات القابلة للرسوب للنزول الي القاع والمواد الخفيفـة الـوزن بالطفو للسطح ، وبذلك يمكن التحكم في جمعها وإزالتها تاركة مياه المجاري رائقة نسبيا من غالبية المواد الغير عضوية والقليل من المواد العضوية التي تحتويها .

وتتمثل معظم مشاكل التشغيل في احواض الترسيب الأبتدائي في نقتطين رئيسيتين هما:

١- انخفاض معدل ونسبة إزالة المواد الصلبة من حوض الترسيب الأبتدائي.

٢- طفو جزء من الرواسب الصلبة (الحمأة) علي سطح الأحواض نتيجة تراكمهـا في القاع .

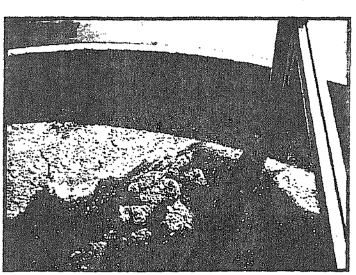
مثال ١ : لاحد مشاكل التشغيل

خروج بعض المواد الطافية مع المياه الخارجة من حوض الترسيب الأبتدائي.

السبب- كاسح الخبث لا يمل جيدا او متوقف عن العمل

العلاج

* العمل علي ازالة المواد الطافية (الخبث) يدويا بسرعة لحين اصلاح كاسح الخبث
* اصلاح كاسح الخبث وأعادة تشغيله جيدا.



صورة تبين تراكم بعض المواد الطافية (الخبث) علي حوض الترسيب الأبتدائي

مثال ٢

خروج كثير من المواد العالقة مع المياه الخارجة من حوض الترسيب الأبتدائي.

السبب - مدة بقاء المياه في الأحواض غير كافية (أقل من اللازم)لاتمام عمليـة ترسيب المواد العالقة جيدا .

العلاج

• ضبط مدة بقاء المياه في الأحواض .

مثال ٣

انخفاض معدل ونسبة ازالة المواد الصلبة من حوض الترسيب الأبتدائي.

السبب ١- مدة بقاء المياه في الأحواض غير كافية (أقل من اللازم)لاتمام عملية ترسيب المواد العالقة جيدا .

١- غطاء الحمأة Sludge bed (طبقة الحمأة كبيرة جدا) وطفو جزء من الحمأة مرة اخري علي سطح الحوض مما يؤدي في النهاية الي انخفاض معدل ترسيب المواد الصلبة داخل الحوض.

٢- زيادة تركيز المواد العالقة في المياه الداخلة لحوض الترسيب (مياه المدخل) فزيادة تركيز المواد العالقة تعمل علي ان تترسب جزيئات المواد الصلبة العالقة ككتلة وليس علي صورة مترابطة مما يودي الي أرتفاع مفاجيء في غطاء الحمأة Sludge bed.

العلاج

- ضبط مدة بقاء المياه في الأحواض .
- التحكم في عمق غطاء الحمأة ويفضل التحكم الاتوماتيكي .
- صرف كمية اكبر من الحمأة من حوض الترسيب لضبط عمق غطاء الحمأة
- وتقليل كمية المواد الصلبة المتراكمة داخل احواض الترسيب.

قياس كفاءة أحواض الترسيب الأبتدائي

تقاس كفاءة احواض الترسيب بقدرتها علي إزالة المواد العالقة والمواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ، فلتحديد هذه الكفاءة تقاس نسبة أو تركيز المواد العالقة والأكسجين الحيوي المستهلك BOD لعينات مياه الداخلة لحوض الترسيب وتقاس ايضا للعينات الخارجة منه وبمقارنة النتيجتين يمكننا حسب نسبة ازالة المواد العالقة

وازالة BOD وبالتالي تحديد كفاءة حوض الترسيب وهذا يتضح من خلال المعادلة الاتية:-

كفاءة عملية الترسيب =

$$\frac{\text{المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب} - \text{المواد العالقة الخارجة من حوض الترسيب}}{\text{المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب}}$$

Sedimentation Efficiency =

$$\frac{\text{Inlet S.S of sedimentation Tank} - \text{Outlet S.S of sedimentation Tank}}{\text{Inlet S.S of sedimentation Tank}}$$

كفاءة عملية الترسيب البيولوجية =

$$\frac{\text{الأكسجين الحيوي المستهلك الي حوض الترسيب} - \text{الأكسجين الحيوي المستهلك الخارج من حوض الترسيب}}{\text{الأكسجين الحيوي المستهلك الي حوض الترسيب}}$$

Biological Sedimentation Efficiency =

$$\frac{\text{Inlet BOD of Sedimentation Tank} - \text{Outlet BOD of Sedimentation Tank}}{\text{Inlet BOD of Sedimentation Tank}}$$

الجدول التالي يبين كفاءة احد أحواض الترسيب الأبتدائية في إزالة المواد العالقة و الأكسجين الحيوي المستهلك BOD و الأكسجين الكيميائي المستهلك COD وازالة النتروجين لمدة سبعة أيام متواصلة.

جدول ٢-٦

كفاءة الترسيب الابتدائي في إزالة المواد العالقة و المواد العضوية والمواد والنتروجينية

كفاءة حوض الترسيب الأبتدائي PST Efficiency			
ازالة المواد العالقة S.S removal %	ازالة الأكسجين الحيوي المستهلك BOD Removal %	ازالة الأكسجين الكيمائي المستهلك COD Removal %	ازالة النتروجين (كلدال نتروجين) TKN removal %
٦٥	٤٩	٤٠	١٠
٦٠	٤٨	٣٦	٧
٦٣	٤١	٣٧	٨
٦٦	٤٥	٤٠	٨
٥٩	٣٨	٣٦	٦
٥٨	٣٦	٣٥	٥
٥٧	٣٥	٣٠	٥

٢-٦-٢. الترسيب الثانوي Secondary Sedimentation

وحدات الترسيب الثانوي من الوحدات الهامة جدا من وحدات المعالجة فهي جــزء متكامل ومكمل لا يتجزء من عملية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي،واذا كان لمشروع لا يحتوي علي وحدات الترسيب الأبتدائي فتعرف وحدات الترسـيب علي انها وحدات الترسيب الثانوية لاعتبارها من وحدات المعالجة الثانوية .

اما اذا كان هناك وحدات ترسيب ابتدائية فان وحدات الترسيب الثـانوي تعـرف بوحدات الترسيب النهائي أو المروقات Clarifiers

وأحواض الترسيب هي التي تحسن من خواص المياه المعالجة في نهاية مراحل المعالجة. ولهذا سميت المروقات حيث تقوم بترويق المياه . وفي عمليات الحمأة المنشطة تقوم وحدات الترسيب بامداد أحواض التهوية بالحمأة المعادة النشطة التي تحتوي علي كميات كبيرة من الكائنات الدقيقة النشطة التي تقوم بأكسدة المواد العضوية وتثبيتها وتجميع المواد العالقة في أحواض التهوية .

وبالرغم من أحواض الترسيب الأبتدائي والثانوي تتشابه الي حد كبير في الوصف والتركيب الا ان أحواض الترسيب الأبتدائي تعمل علي ترسيب جزئيات من المواد اثقل من الجزيئات التي يقوم بترسيبها أحواض الترسيب الثانوي ، لذلك تحتجز المياه في أحواض الترسيب الثانوي فترة اطول .

وفي عمليات الحمأة المنشطة يكون الحمل علي أحواض الترسيب الثانوية غير عادي ، حيث تحتوي المياه الخارجة من أحواض التهوية علي تركيز يصل لاكثر من ٢٠٠٠ مليجرام / لتر من المواد العالقة التي يجب ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي و وترجع أهمية ترسيب المواد العالقة للاسباب الأتية :-

ا- ترسب المواد العالقة لاعادة نسبة منها الي أحواض التهوية كحمأة معادة نشطة بيولوجيا بها العديد من الكائنات الدقيقة التي تقوم بأكسدة المواد العضوية في أحواض التهوية .

ب- ترويق المياه عن طريق التخلص من نسبة كبيرة من المواد العالقة بالترسيب ، وتخرج لمياه بعد ذلك وقد تخلصت من نسبة كبيرة من العكارة والمواد العضوية .

يجب ان يراعي في تصميم وتشغيل أحواض الترسيب النهائي ان تعاد نسبة الرواسب المطلوب اعادتها (الحمأة النشطة) باسرع ما يمكن وباستمرار الي أحواض التهوية قبل ان تتاثر الكائنات الحية الدقيقة من عدم ملائمتها للبيئة في قاع أحواض الترسيب مما يؤدي الي انخفاض نموها ونشاطها ، حيث ان البيئة والمكان

المناسبين لهذه لكائنات هو أحواض التهوية حيث توافر الأكسجين الذائب والمـواد العضوية (الغذاء) ، اما قاع حوض الترسيب فتقل به نسبة الأكسجين الذائب .

ويفضل ان يكون اعادة الرواسب مستمر بلا توقف بدون تخـزين فـي أحـواض الترسيب النهائي وذلك حتي تلافي حدوث نشاط الكائنات اللاهوائيـة فـي قـاع أحواض الترسيب وتصاعد الروائح غير المرغوب فيها ، وايضا أحتمالية حـدوث عكس النيترة (التأزت) والذي يحدث نتيجة استهلاك الأكسجين الذائب الموجـود بواسطة الكائنات الدقيقة ، فتبدا الكائنات في الحصول علي الأكسجين من تكسـير المواد النتروجينية الناتجة من عملية التأزت مثل النتـرات وتحولهـا الـي غـاز النتروجين الذي يتكون حاملا معه اجزاء كبيرة من الحمأة. مسببا تصاعد كـرات كبيرة من الحمأة ذات لون داكن من قاع المروق الي السطح .

ويراعي في نفس الوقت ان تصمم أحواض الترسيب الثانوية بأكبر كفأءة ممكنة لان زيادة المواد العالقة في المياه الخارجة من أحواض الترسيب الثانوية يصاحبه زيادة في الأكسجين الحيوي لمستهلك .

اسس تصميم أحواض الترسيب الثانوي

من أهم الأشياء التي يجب مراعاتها في تصميم أحواض الترسيب النهائي سـهولة وسرعة تجميع المواد المترسبة بالقاع ، وذلك للمشاكل التي تحدث عند زيادة مـدة بقاء الحمأة داخل أحواض الترسيب النهائي.

وتكون هذه الأحواض غالبا دائرية او مربعة يميل قاعها بدرجة مناسـبة لتجميـع الرواسب ، ويتبع في تصميمها الأسس الخاصة باحواض الترسيب الابتـدائي مـع مراعاة العوامل الاتية :-

١. التحميل السطحي لا يزيد عن ٣٢ متر مكعب / متر مربع / يوم .
٢. السرعة الرأسية تتراوح بين (٣-٤) سم / دقيقة .

٣. يفضل الا تقل مدة بقاء المياه في الأحواض عن ثلاث ساعات وذلك لضمان الترسيب الكامل ولا تزيد عن ٥ ساعات .

٤. لا يقل عمق الحوض عن خمسة امتار .

٥ . معدل خروج المياه علي هدار المخرج لا تزيد عن ١٢٠ متر مكعب/متر/ يوم .

٦. يفضل الا يزيد معامل حجم الحمأة عن ١٥٠ حتي لا تتاثر كفأءة المعالجة.

الملاحظة البصرية للمروق النهائي

يجب مراقبة حوض المروق النهائي بصريا وذلك لمعرفة أية ظواهر غريبة قد تتواجد علي سطح الحوض كتصاعد بعض من المواد العالقة أو تصاعد فقاعات أو غازات أو كتل طافية من الحمأة .لذا يجب أن يقوم طاقم التشغيل بفحص روتيني وملاحظة بصرية جيدة للمروق النهائي طوال اليوم وتتشابه ملاحظة المروق النهائي مع أحواض الترسيب الأبتدائي بالإضافة الي النقاط الأتية : –

١– خواص الترسيب.

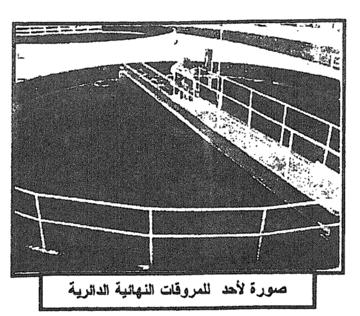
- هل المواد الصلبة تترسب بصورة جيدة وبسرعة وأنسجام .
- هل تبقي اي جزيئات صوفية معلقة عندما تترسب المواد الصلبة
- ما نوع هذه الجزيئات العالقة.

٢ – هل هناك رغوة أو غثاء متكون (. Scum) وما شدته وكثافته.

٣ – هل هناك دليل علي ارتفاع الحمأة .

٤ – هل هناك دليل علي تراكم الحمأة .

٥– هل هناك غازات تتصاعد من سطح المروق النهائي.



صورة لأحد للمروقات النهائية الدائرية

مشاكل التشغيل التي يمكن ان تتواجد في احواض الترسيب النهائية

أن الملاحظة الدقيقة لسطح المروقات وكذلك المياه الداخلة اليه والخارجة منه (المعالجة) تعطي فكرة جيدة عن ظروف التشغيل والعوامل المؤثرة علي عمليات التشغيل ، فمثلا اذا كانت المياه المعالجة خالية من اية شوائب كبيرة ظاهرة والمياه ليس بها عكارة ونسبة المواد العالقة أقل من ١٠ مليجرام لكل لتر فهذا يعني أن ظروف التشغيل جيدة ويجب المحافظة علي ذلك الوضع.

اما اذا كان العكس فذلك يدل علي نقص في كفأءة المروق ويجب دراسة ومعرفة اسباب ذلك .

وفيما يلي بعض من مشاكل التي يمكن ان تتواجد في أحواض الترسيب النهائي:

- ظاهرة الكتل الطافية في أحواض الترسيب.
- النقط الدبوسية Pin – point Floc .
- تركيز عالي للمواد الصلبة العالقة في المياه المعالجة Straggler floc.
- تصاعد كرات كبيرة من الحمأة ذات لون داكن من قاع المروق الي السطح Clumping.
- خروج كميات كبيرة من الحمأة مع المياه المعالجة Sludge wash out

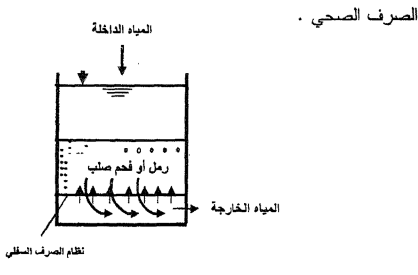
٢-٧.الترشيح Filtration

تعرف عملية الترشيح بانها حجز وفصل المواد علي وسط معين يسمي وسط الترشيح ، وكل وسط له خصائصه التي تتوافق مع طبيعة المواد التي سوف يحجزها .

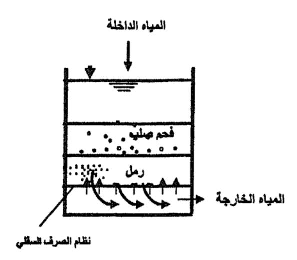
تهدف عملية الترشيح إلى إزالة وفصل المواد العالقة العضوية واللاعضوية وكذلك الجراثيم والشوائب الأخرى التي لم يتم فصلها في أحواض الترسيب الثانوية وحيث أنّ (BOD , COD , PO4) تتواجد على شكل جزيئات عالقة فإنها ستزال بنسبة كبيرة أثناء عملية الترشيح.

وقد أصبح ترشيح المياه المعالجة مؤخرًا أكثر شيوعًا .وهذه العملية تستخدم أنواع المرشحات المبيّنة في الشكل التالي وتستهدف إزالة إضافية للأجسام الصلبة العالقة في المياه المعالجة بيولوجيًا أو كيميائيًا، ونزع الفوسفور المترسّب كيميائيًا.

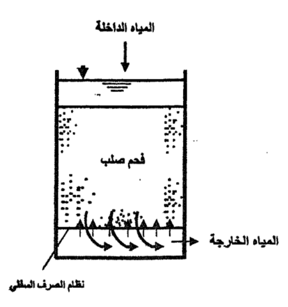
والاشكال التالية تبين الانواع المختلفة للمرشحات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي .



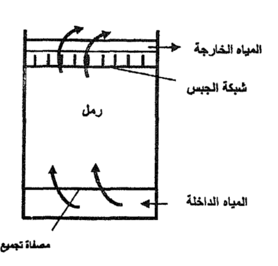
تدفق تقليدي عبر وسط واحد



تدفق تقليدي عبر وسطين



تدفق تقليدي عبر وسط واحد عميق الطبقة



تدفق تقليدي الي الاعلي عبر وسط واحد عميق الطبقة

شكل ٢-١٦ انواع المرشحات المستخدمة في معالجة مياه الصرف

أنواع المرشحات المستخدمة في تنقية مياه الصرف

هناك العديد من أنواع المرشحات التي تستخدم في تنقية مياه الصرف تذكر منها :

١- المرشحات الرملية البطيئة : وهي مناسبة جداً لمحطات المعالجة الصغيرة ويبلغ التحميل فيها (٢ – ٥) م٣/م٢/يوم وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة فيها (٤٥ – ٦٨) ٪ . ويستخدم المرشح الرملي البطيء عادة في مياه المخرج الخارجة من قنوات الاكسدة .

٢- المرشحات الرملية السريعة:وهي مناسبة لمحطات المعالجة الكبيرة ويبلغ معدل التحميل (١٢٠ –٢٤٠) م٣/م٢/يوم وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة حوالي ٧٥ ٪ .

٣-المرشحات الرملية ذات السريان او التدفق العكسي : وهنا تدخل المياه المراد معالجتها من أسفل المرشح وتخرج من الأعلى ويبلغ معدل التحميل فيها ضعفي المرشحات الرملية السريعة .

٤-المرشحات ذات الوسط المختلط : ويبلغ معدل التحميل فيهـا (٣٠٠ - ٦٠٠) م٣/م٢/يوم .

وتشمل أجهزة الترشيح المرشـح الخرطوشـى (Cartridge Filter)، المرشـح السليكونى (diatomaceous earth filter)، المرشـحات ذو الوسـط الحبيبـى (Granular – media filters) ونادراً ما يستخدم المرشـح الخرطوشـى فـى عمليات معالجة المياه وذلك لأسباب اقتصادية.

كفاءة ازالة الملوثات للمرشحات الرملية

المرشحات الرملية المصممة جيدا والتي تعمل في ظروف ومحددات تشغيل جيدة ذات كفاءة في إزالة العديد من الملوثات العضوية والجدول التالي يوضـح كفـاءة الإزالة للعديد من الملوثات لاحد المرشحات الرملية.

جدول ٢-٧

كفاءة ازالة الملوثات للمرشحات الرملية.

الملوث	نسبة الازالة %
البكتريا القولونية البرازية	٧٦ %
الاكسجين الحيوي المستهلك	٧٠ %
المواد العالقة الكلية	٧٠ %
الكربون العضوي الكلي	٤٨ %
النتروجين الكلي	٢١ %.
بعض العناصر الثقيلة (الحديد-الرصاص- الزنك)	٤٥ %
المصدر 2- Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies N&P Limited 2002..Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D	

٢-٧-١. المرشحات الرملية البطيئة

في الترشيح الرملي البطيء تستخدم طبقة من الرمال رفيعة والتي تنفذ المياه من خلالها ببطء لاسفل ، ونظرا لصغر حجم حبيبات الرمل فان الفراغات للوسط الترشيحي تكون صغيرة وبالتالي فمرور المياه يكون بصورة بطيئة . والمرشح الرملي البطيء يمكنه حجز كميات كبيرة من المواد العالقة في السطح العلوي للمرشح بسمك من ٠,٥ الي ٢,٠ سم وهذا يمكن من تنظيف المرشح بكشط الطبقة العلوية من الرمال ونظرا لان معدل الترشيح يكون قليلا(٢-٥ م٣/م٢/يوم) لبطء مرور الماء فان الفترات الزمنية بين عمليات النظافة تكون كبيرة وتبلغ عادة عدة شهور .

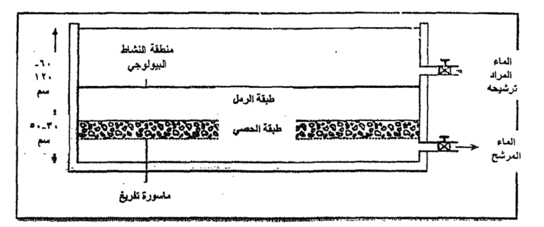
تحجز الاجسام العالقة كبيرة الحجم والتي لاتمر من خلال الوسط الترشيحي علي سطح المرشح وتحتجز علي الطبقة العليا للمرشح بما يزيد من كفاءة تنقية المياه بحجز الملوثات ولكن تراكم المواد العالقة وحجزها علي سطح المرشح يزيد من مقاومة تدفق المياه لاسفل وبازالة الملوثات والاجسام الكبيرة المحجوزة علي السطح العلوي يمكن استعادة قوة تدفق المياه مرة اخري .ونظرا لان المساحة السطحية لجسيمات الرمل للوسط الترشيحي كبيرة جدا ، والتي تصل الي ١٢- ٢٠ الف متر مربع لكل متر مكعب من الرمل ، وان معدل الترشيح منخفض فان كفاءة حجز الملوثات بالترشيح تكون كبيرة جدا بما يمكن من ازالة الاجسام الصغيرة .وهذه الازالة تتم في السطح العلوي للوسط الترشيحي ولا يتسرب الي عمق الوسط الترشيحي سوي المواد العضوية منخفضة الكثافة النوعية والمواد الذائبة.

الوظيفة الرئيسية للمرشح الرملي البطيء هو ازالة المواد العالقة من مياه الصرف المعالجة وحجز كميات كبيرة من البكتريا والفيروسات من المياه اي تخفيض الحمل الوبائي للماء كما يزيل المرشح الرملي البطيء البرتوزوا والاوليات بكفاءة عالية .

وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة في المرشح الرملي البطئ من (٤٥ – ٧٠) ٪ . ويستخدم المرشح الرملي البطيء عادة في مياه المخرج الخارجة من قنوات الاكسدة ويفضل الا تزيد درجة عكارة مياه الصرف المعالجة التي يستخدم لتنقيتها المرشح البطيء عن درجة ١٥ بمقياس نيفلومتري .

المرشحات الرملية البطيئة لها ميزات جيدة فيمكن انشاؤها من المواد المحلية وباستغلال العمالة المحلية مع الأستغناء عن كثير من المعدات الميكانيكية والكهربية.

والشكل التالي هو لمخطط يبين مكونات أحد المرشحات الرملية البطيئة



شكل٢-١٧ مخطط لمرشح رملي بطيء

مزايا وعيوب المرشحات البطيئة

عيوب المرشح البطئ

١ – يحتاج إلى مساحة كبيرة من الأرض مما يجعل تكاليف الإنشاء أكثر من المرشحات السريعة .

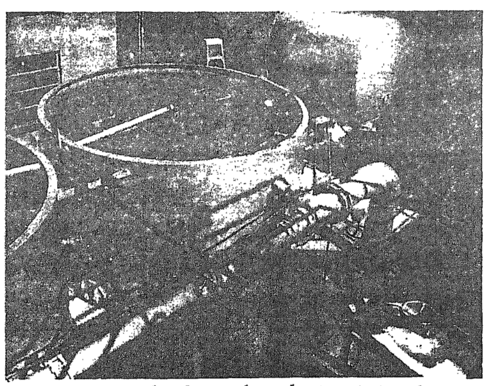
٢ – نمو الطحالب بكثرة لعدم تغطية المرشحات وتعرضها لأشعة الشمس وخاصة فى الدول الحارة .

مزايا المرشح البطئ

ذا كفاءة فى إزالة مسببات الأمراض مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات .

المرشح الرملي السريع

المرشح الرملي السريع يتكون من طبقة من الرمل مدعمة بطبقة من فحم الانثراسيت أو بطبقة من الحصي . ويتم تشغيل المرشح الرملي السريع بمعدلات ترشيح سريعة تتراوح بين ٥-١٢ متر مكعب / ساعة/ متر مربع . ويتم غسل المرشح السريع بالغسيل العكسي بعكس اتجاه التدفق بضغط مناسب لغسل الرمل من الملوثات العالقة به . وعمليات الترشيح بالمرشحات السريعة تبدو انها اقل كفأءة لازالة البكتريا والفيروسات وحويصلات البرتوزوا الا اذا سبقت بعمليات الترويب والترسيب الكيميائي .



صورة لاحد المرشحات الرملية السريعة المستخدمة لتنقية مياه الصرف المعالجة

٢-٧-٢. المرشحات ذو الوسط الحبيبى

ويستخدم هذا النوع من المرشحات بتوسع فى عمليات معالجة المياه وذلك لإزالـة كل من المواد العالقة العضوية والغيرعضوية. ويمكن لهذه المرشحات أن تعمل إما بالجاذبية الأرضية أو بالضغط وكلاهما يستعمل فى تنقية مياه الصرف.

وأكثر هذه المرشحات استعمالا هى المرشحات ثنائية أو ثلاثية الوسط، حيث تتكون المرشحات ثنائية الوسط من طبقة من الرمل قطره ٠،٥ مم تعلوها طبقة من فحـم الانتراسيت (Anthracite) بقطر ٠،٩ مم، بينما تحتوى المرشحات ثلاثية الوسط على طبقة من حجر السيلان(العقيق garnet) ذو قطر يتراوح من ٣٠-٤٠ ميش أسفل طبقة الرمل. ويمكن للمرشحات أن تستخدم أنواع مختلفة من الطبقات وبأقطار فعالة مختلفة. ويتم حجز المواد الصلبة بواسطة الطبقات المختلفة مما يوجب إزالتها بالكشط وبالغسيل العكسى (Back wash).

وتتألف عملية الترشيح من مرحلتين هما الترشيح والتنظيف . وخلال هذه العملية، تمرّ مياه الصرف عبر طبقة مؤلّفة من مادة حبيبيّة كالرمل ، حيث تحدث واحدة أو أكثر من آليّات الإزالة التالية:

التصفية أو الاعتراض أو الرصّ أو الترسيب أو التلبّد أو الامتزاز . وتختلف مرحلة التنظيف حسب طريقة عمل المرشِح، ففي الترشيح النصف مستمر، تتعاقب عمليات الترشيح والتنظيف، وفي الترشيح المستمرّ .تجري العمليتان في آن واحد.

والجدول التالي يبين الخصائص الفيزيائية والتشغيلية لمرشحات الوسـط الحبيبـي المستخدمة عادة في ترشيح مياه الصرف المعالجة.

جدول ٢–٨

الخصائص الفيزيائية والتشغيلية لمراشح الوسط الحبيبي

نوع المرشح	نوع طبقة المرشح	وسط الترشيح	العملية خلال مرحلة الترشيح	العملية خلال مرحلة التنظيف
نصف مستمرّ اعتيادي؛ جريان إلى الأسفل	وسط واحد	رمل أو فحم صلب	يمرّ السائل نحو الأسفل عبر طبقة المرشح . ويمكن أن يكون معدّل الدفق عبر لمرشح ثابتًا أو متغيّرًا حسب طريقة التحكم بالدفق.	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة،أو عندما يصل فقدان العلو إلى المستوى المسموح به، يغسل المرشح بعكس اتجاه الدفق عبر المرشح . ويستخدم الهواء والماء خلال هذه العملية
	وسطين	رمل أو فحم صلب		
	متعدّد الوسائط	رمل أو فحم صلب أو عقيق		
طبقة عميقة، نصف مستمرّ، جريان إلى الأسفل	وسط واحد	رمل أو فحم صلب	يمرّ السائل نحو الأسفل عبر طبقة المرشح . ويمكن أن يكون معدّل الدفق عبر لمرشح ثابتًا أو متغيّرًا حسب طريقة التحكم بالدفق.	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة،أو عندما يصل فقدان العلو إلى المستوى المسموح به، يغسل المرشح بعكس اتجاه الدفق عبر المرشح . ويستخدم الهواء والماء خلال هذه العملية
طبقة عميقة، نصف مستمرّ، جريان إلى الاعلي	وسط واحد	رمل أو فحم صلب	يمرّ السائل نحو الأعلى عبر طبقة المرشح . ويكون معدّل الدفق عبر المرشح ثابتا اجمالا	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة، أو عندما يصل فقدان العلو إلى المستوى المسموح به، يغسل المرشح بزيادة معدّل الدفق عبر قاع المرشح . ويستخدم الهواء والماء خلال هذه العملية.
طبقة نبضية، نصف مستمرّ، جريان إلى الأسفل	وسط واحد	رمل	يمرّ السائل نحو الأسفل عبر طبقة المرشح .وعندما يتراكم فقدان العلو، يخرج الهواء إلى	عندما يزداد تعكر المياه الخارجة، أو عندما يصل فقدان العلو إلى المستوى المسموح به، يغسل

			الأعلى عبر الطبقة حتى السطح ثمّ يعيد توزيع الجوامد . ويكون معدّل الدفق عبر المرشح ثابتا اجمالا.	المرشح بعكس اتجاه الدفق عبر المرشح . ويستمرّ السائل بدخول المرشح خلال هذه العملية ويستخدم التنظيف الكيميائي أيضًا
طبقة عميقة، مستمرّ، جريان إلى الاعلي	وسط واحد	رمل	يمرّ السائل نحو الأعلى عبر طبقة المرشح، التي يكون وسطها متحرّكًا نحو الأسفل باتجاه معاكس للتيار . ويكون معدّل الدفق عبر المرشح ثابتا اجمالا.	ينظف وسط المرشح بطريقة مستمرّة بضخ رمل من قاع المرشح عبر رافعة هوائية إلى مغسل للرمل موضوع في أعلى المرشح . وبعد مروره بالمغسل، يوزّع الرمل النظيف على سطح طبقة الترشيح.
جسر متحرّك مستمرّ، جريان اى الأسفل	وسط واحد	رمل	يمرّ السائل نحو الأعلى عبر طبقة المرشح . ويستمرّ السائل بالترشيح في حين يعود المستخلص إلى الخلايا المنفردة . ويكون معدّل الدفق عبر المرشح ثابتا إجمالا.	عندما يصل فقدان العلو إلى المستوى المسموح به، تغسل الخلايا المنفردة للمرشح بعكس اتجاه الدفق عبر كل واحدة من الخلايا بالتتابع . وتنزع مياه المستخلص الراجع عبر غطاء المستخلص الراجع.
	وسطين	رمل		
المصدر : Metcalf and Eddy, Inc				

٢-٨. التعويم Floatation

تستخدم عملية التعويم لإزالة الجسيمات الصلبة أو السائلة من الطور السائل بإدخال غاز نقيّ كفقاقيع الهواء . وتلتصق فقاقيع الغاز بالسائل أو تُحبس في جسيمات المواد الصلبة، بحيث تزيد القوة الدافعة التعويميّة لمزيج الجسيمات والفقاقيع . وبهذه الطريقة، تطفو الجسيمات التي تكون أشد كثافة من السائل بحيث تُزال بالكشط . وفي معالجة مياه الصرف، يُستعمل التعويم لإزالة المواد العالقة ولتكثيف الحمأة

البيولوجية .ويتميّز التعويم عن الترسيب بإمكان إزالة الجسيمات الصغيرة والخفيفة بالكامل وفي وقت أقصر .وبالإضافة إلى ذلك، يمكن إدخال عدّة مضافات كيميائية لتحسين عملية الإزالة ، ويصف الجدول التالي طرق التعويم المختلفة.

جدول ٢-٩

طرق التعويم

الطريقة	وصف الطريقة
التعويم بالهواء المذاب	يحقن الهواء بينما تكون المياه العادمة تحت ضغط ضمن عدّة وحدات . وبعد زمن استبقاء قصير، يُعاد الضغط إلى المستوى الجوّي بحيث يُطلق الهواء فقاقيع صغيرة.
التعويم بالهواء	تتضمّن هذه الطريقة إدخال غاز إلى الطور السائل مباشرةً عبر دفاعة مروحيّة أو ناشرات بمستوى الضغط الجوّي.
التعويم بالتفريغ	تتضمّن هذه الطريقة تشبيع مياه الصرف بالهواء، إمّا مباشرة في خزّان التهوية بإدخال الهواء في جهة الشفط لمضخة مياه الصرف . ويفرّغ الهواء جزئيا، ويطفو الهواء المذاب فقاقيع صغيرة تعلق بها المواد الصلبة بحيث تشكل غطاءً من الرغوة .وتزال الرغوة بالكشط وتنزع الحصى المترسّبة من مجمّع سفلي.
المضافات الكيميائية	تساعد المواد الكيميائية في عملية التعويم بإنتاج سطح قابل لامتزاز أو حبس فقاقيع الهواء ، ويمكن استخدام المواد الكيميائية غير العضوية والبوليمرات العضوية المختلفة لهذا الغرض.
لمصدر : Metcalf and Eddy, Inc	

ازالة الزيوت والدهون بالهواء المذاب

Removal of Oils and Grease by Dissolved Air Floatation

في مياه الصرف الصحي تمثل الزيوت والدهون من ١٥-٢٠% من المواد العضوية مقاسة كاكسجين حيوي مستهلك وقد تصل تركيزات الزيوت والدهون ٣٠-٥٠مجم /لتر في مياه الصرف ، أما مياه الصرف الصحي االمحتوية علي مخلفات انشطة صناعية فانها تحتوي علي تركيزات عالية من الزيوت والدهون .

وتستخدم وحدات الطفو بالهواء المذاب في إزالة الزيوت والدهون داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتعتمد فكرة الطفو بالهواء المذاب علي أن الزيوت والدهون التي تطفو فوق سطح الماء لها جاذبية نوعية اقل من كثافة المياه(كثافة الماء تساوي ١,٠)

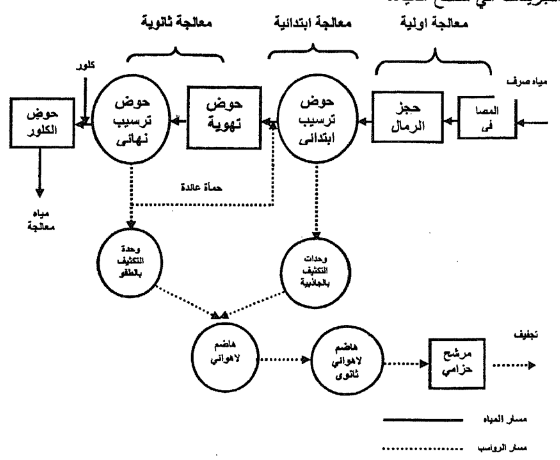
الطفو بالهواء المذاب يزيد من معدل فصل الجزيئات والتي لها جاذبية نوعية اقل من ١,٠ بالتصاق فقاعات الهواء الصغيرة جدا بجزيئات الزيوت والدهون جاعلا الفقاعات تطفو فوق سطح السائل.

ونظام الطفو المذاب يتم فيه توليد جزيئات وفقاعات هواء يتراوح قطرها ما بين ٥ الي ١٠٠ ميكرون أي في حجم وقطر شعرة الأنسان أو حبة اللقاح .

الطفو بالهواء المذاب له القدرة علي جعل المواد تطفو والتي لها جاذبية نوعية اكبر من ١,٠ وذلك في حالة ان الجاذبية النوعية لكل من المواد الصلبة وفقاعات الهواء معا اقل من ١,٠ بتلامس الهواء مع المواد المتكتلة .

في هذا النظام يتم ملامسة الهواء لمياه الصرف وهذه الملامسة تتم تحت ضغط عالي مما يؤدي الي إذابة الهواء . ويتم خفض الضغط علي سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقاقيع هواء صغيرة جدا تماثل حجم الميكرون وترفع ا الزيوت والدهون الطافية الي سطح المياه حيث يسهل ازالتها وكشطها عن طريق الكاشط Skimmer .

التصاق فقاعات الهواء من خلال المزيج المعلق (المحتوي علي مياه الصرف والزيوت والدهون) يجعل جزيئات وحبيبات الزيوت والدهون تطفو علي السطح نتيجة لتراكم الهواء علي سطح الجزيئات واصطدام الفقاعات المتصاعدة مع الجزيئات العالقة وانحباس فقاعات الهواء الغازية اثناء تصاعدها اسفل الجزيئات وامتزاز الغاز من خلال الكتل الهلامية المتكونة او المترسبة حول فقاعات الهواء .
والمزيج المتكون عن اختلاط الهواء بالزيوت والدهون والذي يسمي مزيج الهواء / الزيوت والدهون له جاذبية نوعية (وزن نوعي) أقل من الجاذبية النوعية للمياه بمفردها مما يؤدي الي طفو الزيوت والدهون حيث تكفي قوة الطفو للمزيج لرفع الجزيئات الي سطح المياه.



شكل ٢-١٨ مخطط يبين مرحلة التغليظ بالطفو لمشروع معالجة صرف صحى

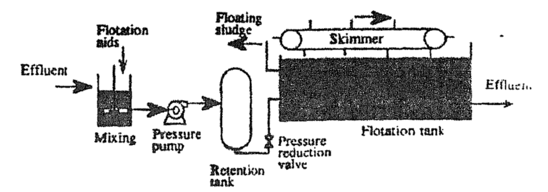
وهناك عوامل تحدد كفاءة المعالجة وحدات الطفو والتعويم بالهواء المذاب

- حجم حوض فصل الزيوت
- معدل التدفق الداخل للوحدة.
- معدل ذوبان الهواء في المياه.
- تركيزالزيوت والدهون في المياه

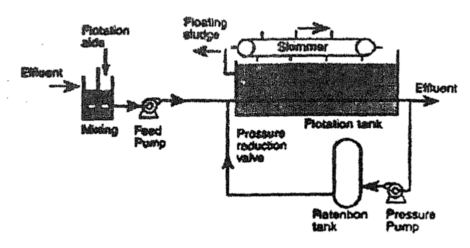
وهناك نوعين من الوحدات كما يبين الشكل التالي

١-وحدات الطفو بالهواء المذاب بدون إعادة تدوير

٢-وحدات الطفو بالهواء المذاب مع إعادة تدوير



شكل ٢-١٩ وحدات الطفو بالهواء المذاب بدون اعادة تدوير



شكل ٢-٢٠ وحدات الطفو بالهواء المذاب مع اعادة تدوير

٢-٩. التناضح العكسي Reverse Osmosis

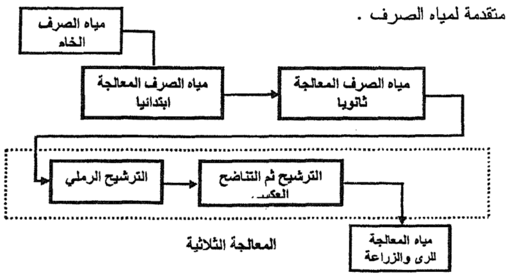
أتجهت النظم الحديثة في معالجة مياه الصرف الي الأستفادة من تكنولوجيا الأسموزية العكسية فتم ادخال هذه التكنولوجيا كاحد مراحل المعالجة المتقدمة لمياه الصرف ، حيث يتم استخدامها علي المياه المعالجة الناتجة عن العمليات الأبتدائية والثانوية لمياه الصرف.

واستخدام تكنولوجيا التناضح العكسي تمكن من أستخدام مياه الصرف المعالجة في جميع اغراض الري والزراعة بالاضافة الي أمكانية اعادة تدويرها في العمليات الصناعية المختلفة .

كما لقد تم فى الآونة الأخيرة إجراء العديد من التطوير على أغشية الاسموزية العكسية بجعلها أرفع وذلك لتقليل مقاومة السريان إلى أدنى حد.

وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسي أثناء العقد الماضي هما: تطوير الغشاء الذي يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة وعملية استخدام وسائل استرجاع الطاقة .

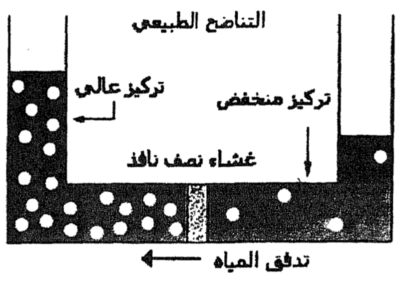
والشكل التالي يبين مخطط لمشروع يتم استخدام التناضح العكسي لمعالجة ثلاثية متقدمة لمياه الصرف .



شكل ٢-٢١ مخطط لعمليات المعالجة الثلاثية بالتناضح العكسي لاستخدامها في الري والزراعة

التناضح العكسى (الاسموزية ا لعكسية) (Reverse Osmosis)

التناضح أو الإسموزية هو عبارة عن أنتقال المذيب عبر غشاء شبه مسامي إلـى المذاب ويوضح الشكل التالي الأسموزية الطبيعية أو التناضح الطبيعي

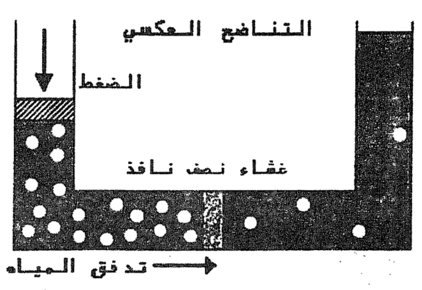


شكل٢-٢٢ التناضح الطبيعي

وكما هو موضح في الشكل فان المياه تنتقل من المنطقة ذات التركيـز المـنخفض للاملاح الي المنطقة ذات التركيز المرتفع عبر الغشاء شبه المنفذ ، حتـي يـتم التوازن بين تركيز الأملاح علي جانبي الغشاء.

اما عملية الاسموزية العكسية فتتم لدفع المياه تحت ضغط مرتفع وبقوة يسمح لهـا بتخطي الغشاء باتجاه عكسي لما يحدث في الاسموزية الطبيعية مما يؤدي الي نفاذ المياه النقية تاركة الأملاح والملوثات الاخري مثل البكتريا والفيروسات .

وهذا يتضح من خلال الشكل التالي الذي يبين فكرة الاسموزية العكسية



شكل٢-٢٣ التناضح العكسي

ويتكون نظام التناضح العكسي من الآتي:

١. مرحلة المعالجة الأولية (ما قبل المعالجة).

٢. مرحلة الضغط.

٣. مرحلة الفصل باستخدام الأغشية .

٤. مرحلة المعالجة النهائية او مرحلة التثبيت.

مرحلة المعالجة الاولية (ما قبل المعالجة) .

وفيها يتم معالجة مياه التغذية لتكون منسجمة ومتوافقة مع خصائص وظروف عمل الأغشية ولتكون خالية من المواد الصلبة العالقة عبر الفلترة الرملية ووحدات الترشيح الميكرونية وظبط الرقم الهيدروجيني واضافة كيماويات معينة لمنع تكون القشور (التكلسات) ومنع ترسب الكائنات الحية الدقيقة ونموها على الأغشية.

واذا احتوت المياه علي الحديد والمنجنيز مثل مياه الابار لابد من تركيب وحدة لإزالة الحديد والمنجنيز .

مرحلة الضغط :

وفيه يتم رفع ضغط المياه المتدفقة المعالجة الاولية الي مستوي ضغط يناسب الأغشية المستخدمة حسب نسبة الأملاح في المياه الخام .

وهذا الضغط لابد ان يكون كافيا لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح ، وهذا الضغط يتراوح ما بين ١٧ إلى ٢٧ بارا (400 – 250) رطل على البوصة المربعة (لمياه الآبار و ٤٥ إلى ٨٠ بارا (٨٠٠ – ١١٨٠ رطل على البوصة المربعة) لمياه البحر.

٣. مرحلة الفصل باستخدام الأغشية

ؤي هذه المرحلة تسمح الأغشية شبه المنفذة بنفاذ المياه فقط أما الأملاح والملوثات فلا تنفذ ويتم تحويليها الي خط الصرف ذات التركيز الملحي العالي ، مع العلم أن هناك نسبة قليلة جدا من الأملاح (بعض أملاح الصوديوم والبوتاسيوم) تبقي مع دفق المياه المنقاه العذبة وذلك لعدم قدرة الأغشية علي حجز كافة الأملاح وليس هناك غشاء محكم إحكاما كاملا في طرد الأملاح مما يؤدي الي عبور هذه النسبة القليلة جدا .

والجدول التالي يبين اهم الأملاح التي يمكن لوحدات التناضح العكسي حجزها وإزالتها ومنها مواد قد تتواجد في بعض أنواع مياه الصرف .

جدول ٢-١٠

الأملاح المزالة بواسطة وحدات التناضح العكسي

الأملاح	الوزن الجزيئي	نسبة الحجز %
فلوريد الصوديوم NaF	٤٢	٨٥
سيانيد الصوديوم NaCN pH 11	٤٩	٨٥
كلوريد الصوديوم NaCL	٥٨	٨٠
بيكربونات الصوديوم NaHCO3	٨٤	٨٨
نترات الصوديوم NaNO3	٨٥	٩٣
كلوريد الماغنيسيوم MgCL	٩٥	٩٨
كلوريد الكالسيوم CaCL	١١١	٩٩
كبريتات الماغنيسيوم MgSO4	١٢٠	٩٨
كبريتات النيكل NiSO4	١٥٥	٩٩
كبريتات النحاس CuSO4	١٦٠	٩٩
الفورمالديهيد	٣٠	٣٥
الكحول الايثيلي	٤٦	٧٠
الكحول الميثيلي	٣٢	٢٥
الكحول الايزوبروبيلي	٦٠	٩٠
اليوريا	٦٠	٧٠
حمض الالكتيك	٩٠	٩٤
الجلوكوز	١٨٠	٩٨
السكروز	٣٤٢	٩٩
المبيدات الكلورينية	-	٩٩

ولرفع كفاءة عملية التناضح العكسي لا بد من الأختيار الجيد للغشاء المناسب طبقاً للخواص التالية :

١. الغشاء له القدرة على حجز نسبة عالية من الأيونات والأملاح .

٢. لا بد من وجود تـدفق مناسـب للمـاء لإتمـام الانسـياب .

٣. لا بد أن يكون الغشاء سهل التشييد في وحدات الترشيح الغشائي .

٤. لا بد أن يتحمل الغشاء الضغط الواقع عليـــه .

٥. لا بد أن تكون للغشاء متانة ميكانيكية جيـــدة .

٦. .لا بد أن يعيش الغشاء لفترة مناسبـــــة .

٧. لا بد أن يحتوي الغشاء على مدى تشغيلي كبير للأيونات الموجودة في المـاء الخام والضغط ودرجة الحرارة ومقاومة التفاعلات الكيميائية والحيوية ويمكـن أن يعمل في ظروف مختلفة. .

٨. لا بد أن يكون سعر الغشاء مناسب ورخيص .

٩. لا بد أن يأتي الغشاء بمشاكل التآكل والرائحة وتسهل نظافته.

تطبيقات التناضح العكسي علي معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي

هناك العديد من التطبيقات التي يستخدم فيها التناضح العكسي لإزالـة المركبـات والأملاح من مياه الصرف وخاصة مياه الصرف الصحي والصـرف الصـناعي ويستخدم التناضح العكسي في إزالة ملوثات الصرف الصناعي لكثير من الصناعات ذات الملوثات الغير تقليدية مثل صـناعات طـلاء المعـادن والطـلاء الكهربـي وصناعات الورق وغيرها.

والجدول التالي يبين التطبيقات المختلفة للتناضح العكسي في إزالة ملوثات الصرف الصحي والصناعي.

جدول ٢- ١١

التطبيق (مخلفات الصناعة)	المواد والمركبات التي تزال بوحدات التناضح العكسي
مياه البحر – مياه الابار المالحة – وحدات التقطير	انواع عديدة من الاملاح
المخلفات العضوية	مختلف المواد العضوية المبيدات – مبيدات الاعشاب – المواد العضوية القطبية – الفينولات الهيدروكربونات الكلورانية – الامينات
الطلاء الكهربي – طلاء المعادن	النيكل – الكروم – الالمونيوم – الكادميوم – الذهب– حمض الفسفوريك
مخلفات صناعات ومعالجة الورق واللب	السائل الاسود – تكزنات غسيل المياه والورق – مواد التبييض
مخلفات صناعات ومعالجة المواد الغذائية	بقايا اللحوم – المواد العضوية – مخلفات عصر الزيتون –
مخلفات معالجة المواد ذات النشاط الاشعاعي	بعض النظائر المشعة – مركبات اليورانيوم – نترات اليورانيوم
مخلفات الصناعات النسيجية	الالوان الصناعية – المواد العضوية – الاملاح الذائبة
المياه شديدة التلوث	المواد العضوية – الاملاح الذائبة– الكربون العضوي – المواد المسببة للقلوية – النترات – العناصر الثقيلة
مياه الصرف الصحي	المواد العضوية – الاملاح الذائبة– الكربون العضوي– القلونيات البرازية

تكنولوجيا التناضح العكسي والتكلفة

تنافس تكنولوجيا الأغشية حاليًا تكنولوجيات المعالجة التقليدية بسبب تناقص كلفتها وتحسّن أدائها المستمر .ومع أنه لا يمكن الطعن بأداء تكنولوجيا الأغشية وإمكان تشغيلها على مساحات قليلة من الأرض، وسهولة تشغيلها وصيانتها، يلزم تغيير المعتقدات السائدة وتثبيت جدوى هذه التكنولوجيا عن طريق بيانات الكلفة.

التكاليف النموذجية للتناضح العكسي

أ – كلفة المعدات

تضمّ كلفة معدّات التناضح العكسي عادة العناصر التالية :

* وحدة الأغشية.
* معدّات التنظيف.
* المضخات.
* النافخات.
* معدّات التحكم والخزّانات.

وتتناسب كلفة وحدة الأغشية مع سعة المحطة، بينما يمكن تحقيق وفور الحجم في حالة سائر المعدّات .إلا أن هذه الوفور تفقد أهميتها في الأنظمة ذات السعة الكبيرة)أكثر من مليوني جالون في اليوم (لأنّ كلفة وحدة الأغشية تشكل القسط الأكبر من مجمل الكلفة.

وأظهر مسح أجري على ٢٥ منشأة حديثة في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا، أن كلفة المعدّات تتراوح بين ٠,٤ – ٠,٨ دولارات لكل جالون في اليوم .

وتؤثر كلفة معدّات المعالجة التمهيدية على طبيعة المياه الداخلة ويبلغ متوسطها نحو ٣٠ في المائة من كلفة وحدة التناضح العكسي . وتتراوح كلفة معدّات الصقل بين ٣٠ و ٥٠ في المائة من كلفة وحدة التناضح العكسي، بينما تصل كلفة تركيب النظام بأكمله إلى ٣٠ في المائة تقريبًا من كلفة وحدة التناضح العكسي.

وخلال السبعينات والثمانينات، بقيت أسعار وحدات الأغشية ثابتة في أوروبا، بينما تناقصت في الولايات المتحدة الأمريكية .ويعزى هذا التناقص إلى تبني عدد من الصناعات في الولايات المتحدة الأمريكية لهذه التكنولوجي. ففي أواخر الثمانينات، ساهم استخدام صناعة الألبان للوحدات الملفوفة حلزونيًا، في خفض سعر هذا النوع من الوحدات ثلاث مرات، أي من ١٤٠٠ دولار لكل متر مربّع من مساحة الغشاء إلى ٣٧٠ دولارا .ويتراوح السعر الحالي لوحدة مماثلة بين ١٥٠ و ٢٥٠ دولارًا لكل متر مربّع من مساحة الغشاء .وسيؤدّي هبوط الأسعار إلى توسيع قاعدة الزبائن، مع صعوبة في الحصول على خدمات وتأمينات بسعر منخفض . وتتفاوت أسعار أنظمة الأغشية كثيرًا بين بلد وآخر وتتأثر بعدد الوحدات وطريقة صناعتها.

Elarde, J. R. and Bergman, R. A, "The cost of membrane filtration for municipal water supplies", in: *Membrane ()Practices for water treatment.* Edited by S. J Duranceau, American Water Works Association, 2001.

Wagner،.*Membrane filtration handbook: practical tips and hints.* Osmonics, Inc., 2001

ب- كلفة بناء المحطة

تتفاوت تكاليف بناء محطات التناضح العكسي كثيرًا بسبب الفروق في معدّات المعالجة التمهيدية والتشكيلة المستخدمة والموقع .ويمكن تحقيق وفورات الحجم حتى سعة خمسة ملايين غالون في اليوم.

ج- تكاليف التشغيل والصيانة

باستثناء كلفة اليد العاملة، تضم التكاليف الحرجة للتشغيل والصيانة كلفة تبديل الأغشية والمواد الكيميائية والطاقة . وتتناسب هذه التكاليف عادة مع سعة المحطة، ويمكن تحقيق وفورات الحجم حتى سعة خمسة ملايين جالون في اليوم . وتتراوح تكاليف التشغيل والصيانة في المحطات الكبيرة السعة بين ٠,١الي٠,١٥دولار لكل ألف جالون في اليوم تقريبًا) وتتباين كلفة المواد الكيميائية حسب الموقع . وهذه المواد تضم عوامل التخثر، والملح، وعوامل التهيئة الكيميائية، والعوامل المختزلة، والمواد المانعة للتحرشف، وعوامل التشتيت.

وتستهلك عمليّات التناضح العكسي الكثير من الطاقة . فوحدة التناضـــح العكســـي مجهزة بمض خة ذات فعالية تساوي ٧٨ في المائة، ومحرك ذي فعالية تساوي ٩٣ في المائة، وتحتاج إلى ٤ كيلوواط/ساعة لكل ألف غالون من الميـــاه المعالجـــة . ويتأثر استهلاك الطاقة بنوعية المياه الداخلة، فمعالجة مياه البحر، مثلا، تســـتهلك نحو ٢٥ إلى ٣٠ كيلوواط/ساعة لكل ألف جالون، وذلك بسبب الحاجة إلى تشغيل وحدة التناضح العكسي بضغط مرتفع ومعدّل استرجاع منخفض للمياه.

ويمثل تبديل الأغشية نسبة تتراوح بين ٦ و ١٠ في المائة من كلفة إنتاج الميـــاه . وكلفة الغشاء تستهلك عادة خلال مدةٍ تتراوح بين ثلاث و خمس سنوات . ويقـــدّر سعر وحدة من نوع مركب رقيق الغشاء بحجم ٨ X ٤٠ إنـــش ب ١٢٠٠ دولار، بينما يقدّر سعر وحدة مماثلة لمعالجة مياه البحر ب ١٧٠٠ دولار ،وتنظف الأغشية عمومًا كل ستة أشهر، وهذه المدة تتأثر بنوعية المياه الداخلة، فإذا كانـــت الميـــاه الداخلة جيّدة، يحتمل أن تطول المدة اللازمة لتنظيف الأغشية إلى ثلاث ســـنوات، وإذا كانت المياه منخفضة الجودة يلزم التنظيف كل شهر واحد . ويبلغ متوسط كلفة المواد الكيميائية اللازمة لتنظيف غشاء واحد نحو ٥٠ دولارًا.

وتشكل كلفة صيانة المعدّات نحو ٢ في المائة من كلفة المعدّات في حالة التناضح العكسي لمياه الأجاج، وقد ترتفع إلى ٤ في المائة من كلفة المعدّات في حالة ميـــاه البحر، وذلك بسبب الصدأ .وتشمل كلفة الصـــيانة تصـــليح ومعـــايرة المعـــدّات والمضخات، وتبديل السدّادات والأنابيب.

٢-١٠. الانظمة الطبيعية لمعالجة مياه الصرف

تستفيد الأنظمة الطبيعية للمعالجة من العمليّات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تحدث في البيئة الطبيعية بتفاعل المياه والتربة والنباتات والكائنات الحيـــة الدقيقـــة والهواء وتشمل هذه الأنظمة المعالجة الأرضية والنباتات المائية العائمة والأراضي الرطبة الاصطناعية . ويسبق المعالجة الطبيعية عادة نوع من المعالجـــة الابتدائيـــة

الميكانيكية يستهدف نزع الأجسام الصلبة الكبيرة .وفي حال توفر مساحة أرض مناسبة تشكل هذه الأنظمة الحلّ الأكثر فعالية من حيث كلفة الإنشاء والتشغيل، ولذلك تناسب المجتمعات الصغيرة والمناطق الريفية.

١- المعالجة الأرضية

تعمل المعالجة الأرضية عن طريق تسليط مُراَقب لمياه الصرف فوق الأرض بمعدل متناسب مع العمليّات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية الطبيعية التي تحدث فوق التربة وتحتها .وهناك ثلاثة أنواع أساسيّة لأنظمة المعالجة الأرضية هي :المعدل البطيء، والفيض، والترشح السريع.

(أ) المعدل البطيء

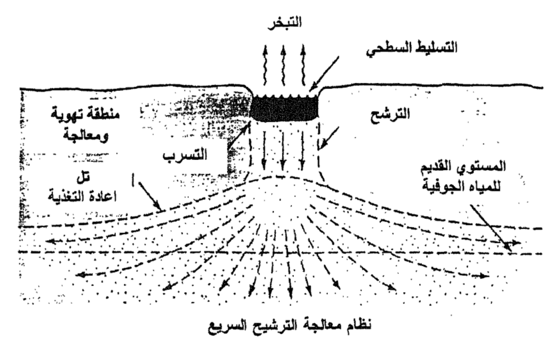
أنظمة المعدل البطيء هي النوع الأكثر استخدامًا والأكثر فعالية في المعالجة الأرضية لمياه الصرف البلدية والصناعية . وتتضمّن هذه التكنولوجيا عمليّات معالجة مياه الصرف وإعادة استخدام المياه وتغذية المحاصيل وصرف المياه في آن واحد . وتسلط مياه الصرف على الأرض المزروعة باستخدام تقنيّات متعدّدة ومنها الرش وري الأخاديد المتقطع، للحفاظ على ظروف هوائية في التربة . وتستهلك المياه إمّا عن طريق التبخر أو الترشيح عبر التربة بحيث تعالج المياه خلال ترشيحها .وتدخل المياه المرشحة طبقة المياه الجوفية، أو تعترضها المياه السطحية الطبيعية، أو تجمَّع في آبار لاسترجاع المياه.

وُتصنّف هذه الأنظمة حسب أهدافها إلى نوعين : الأوّل هدفه معالجة مياه الصرف ، والثاني ري المحاصيل حيث تسلط مياه الصرف بكمية كافية لاحتياجات المحاصيل.

(ب) الترشيح السريع

الترشيح السريع من أكثر عمليّات معالجة مياه الصرف تركيزًا، إذ تسلط حمولات عضوية وهيدروليكية مرتفعة نسبيًا على أحواض ضحلة . وتستخدم عملية الترشيح السريع وطأة التربة للمعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية . فالترشيح الفيزيائي

يجري على سطح التربة وداخل وطأتها؛ والترسيب الكيميائي والتبادل الأيوني والامتزاز خلال تسرّب المياه عبر التربة؛ والأكسدة البيولوجية والتمثل والاختزال في الطبقة العليا من التربة . ولا تكسى هذه الأراضي بالخضرة .وتصمّم أنظمة الترشيح السريع بهدف إعادة تغذية المياه الجوفية وتخزين المياه المعالجة مؤقتا .

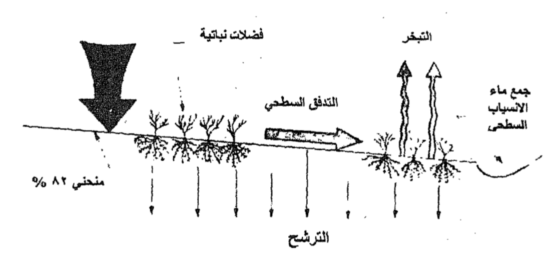


نظام معالجة الترشيح السريع

(ج) الجريان السطحي

خلال عمليّة الجريان السطحي، تُعالج مياه الصرف خلال جريانها عبر شبكة من المنحدرات المكتسية بالخضرة، وتُسلّط بتقطع على القسم الأعلى لكلّ منحدر بحيث تجري إلى أسفل المنحدر حتى تصل إلى قناة لجمع المياه المنسابة على السطح . وتُنشر المياه بواسطة مرشات أو أنابيب ذات مصدّات.

وتُستخدم عمليّة الجريان السطحي على تربة ذات سطح غير منفذ للمياه .وتخضع مياه الصرف خلال جريانها لعدد من العمليّات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، وتصمّم عمليّات الجريان السطحي لإجراء معالجة ثانوية أو متقدمة أو لنزع المغذيات.كما يبين الشكل التالي.



نظام معالجة الجريان السطحي

٢ -الأراضي الرطبة الاصطناعية

الأراضي الرطبة هي أراض مغمورة بالمياه على عمق أقلّ من قدمين، تنمو فيها نباتات ظاهرة بحيث تؤمّن سطوحًا تساعد على تثبيت طبقة رقيقة من البكتيريا، وتساعد على ترشيح وامتزاز مكوّنات مياه الصرف، وتحويل الأكسجين إلى عمود المياه والتحكم بنمو الطحالب عبر حصر دخول ضوء الشمس. وهناك نوعان من الأراضي الرطبة الاصطناعية، فالنوع الأول يتكون من أحواض ضحلة متوازية ذات قاع غير منفذ للمياه ونباتات ظاهرة، تعالج عبر جذوعها وجذورها مياه الصرف المصفاة سابقًا. والنوع الثاني يتكوّن من الأراضي الرطبة الاصطناعية من قنوات ممتلئة بالحصى والرمل ووسائط أخرى نافذة للمياه حيث تزرع نباتات ظاهرة، وتُعالج المياه العادمة من خلال مرورها عبر المرشح المكوّن من الرمل والنباتات. وتصمّم هذه الأنظمة بهدف المعالجة الثانوية أو المتقدّمة.

٣ -النباتات المائية العائمة

يشبه نظام النباتات المائية العائمة نظام الأراضي الرطبة من النوع الأول المذكور آنفًا، إلا أن النباتات المستخدمة هي من النوع العائم، والمياه أعمق منها في الأراضي الرطبة، وتُقارب الستة أقدام.

والنباتات العائمة تساعد على منع ضوء الشمس وتخفيف نمو الطحالب، وقد أثبتت فعاليتها في تخفيف الطلب البيولوجي على الأكسجين، والنيتروجين، ونزع المعادن والمواد العضوية النزرة، ونزع الطحالب من البحيرات وتثبيت المياه الخارجة . ويمكن استعمال التهوية الإضافية للنباتات العائمة بهدف زيادة قدرة المعالجة والحفاظ على الظروف الهوائية اللازمة للتحكم البيولوجي للبعوض.

ويتضمن الجدول التالي مقارنة بين عمليات المعالجة الطبيعية الأساسية.

الجدول ٢-١٢

مقارنة عمليات المعالجة الطبيعية الأساسية

الخصائص	المعدل البطيء	الترشيح السريع	الجريان السطحي	الاراضي الرطبة	النباتات المائية العائمة
الظروف المناخية	تخزين ضروري خلال الطقس البارد وهطول الأمطار	لا إمكان لتعديل العملية في الطقس البارد	تخزين ضروري خلال الطقس البارد وهطول الأمطار	التخزين قد يكون ضروريا خلال الطقس البارد	التخزين قد يكون ضروريا خلال الطقس البارد
العمق للمياه الجوفية	٢ إلى ٣ أقدام على الأقلّ	١٠ اقدام (عمق اقل مقبول في حالة الصرف السفلي)	غير حرج	غير حرج	غير حرج
الانحدار	أقل من ١٥ في المائة فوق الأراضي	غير حرج غير ان الانحدار	نهاية منحدر ١ الي ٨ في المائة	عادة اقل من ٥ في المائة	عادة اقل من ٥ في المائة

	المزروعة؛ أقلّ من ٤٠ في المائة فوق الأحراج	المفرط يتطلب الكثير من اعمال الحفر			
إنفاذية التربة	بطيئة باعتدال الي سريعة باعتدال	سريع رمل وطفل رملي	بطيئ (صلصال ،طين وتربة ذات حواجز غير منفذة)	بطيئة الي معتدلة	بطيئة الي معتدلة
تقنية التسليط	مرشات أو تسليط سطحي	تسليط سطحي عادة	مرشات أو تسليط سطحي	مرشات أو تسليط سطحي	تسليط سطحي
المعالجة البسيطة قبل التسليط	الترسيب الاولي	الترسيب الاولي	التصفية	الترسيب الاولي	الترسيب الاولي
التخلص من مياه الصرف المسلطة	التبخر والنتح والترشيح	الترشح اساسا	الانسياب السطحي والتبخر مع بعض الترشح	التبخر والنتح والترشيح و الانسياب السطحي	بعض التبخر والنتح
الحاجة إلى الخضرة	ضرورية	اختيارية	ضرورية	ضرورية	ضرورية
نوعية المياه الخارجة المتوقعة) مجم / لتر					
الاكسجن الحيوي المستهلك	اكبر من ٢	اكبر من ٢	اكبر من ١٠	-	-
المواد الصلبة العالقة	اكبر من ١	اكبر من ٢	اكبر من ١٥		
الأمونيا نتروجين	اكبر من ٠,٥	اكبر من ٠,٥	اكبر من ١		
مجموع النتروجين	اكبر من ٣	اكبر من ١٠	اكبر من ٥		
مجموع الفسفور	اكبر من ٠,١	اكبر من ١	اكبر من ٤		
المصدر Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering. 3rd ed، S. C. Reed, E. J. Middlebrooks and R. W. Crites, Natural systems for waste management and treatment. New York, McGraw Hill 1990					

الباب الثالث

عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

الباب الثالث

عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

٣-١. عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes

وهي طرق وعمليات المعالجة التي يتم فيها أزالة او تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق اضافة الكيماويات أو عن طريق التفاعلات الكيميائية ، ومن أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائي والأدمصاص والتطهير وهذه العمليات السالف ذكرها من اكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصحي وتدمج عمليات المعالجة الكيميائيةعادة مع العمليّات الفيزيائية والبيولوجية.

فمثلا الترسيب الكيميائي (بأستخدام الكيماويات) يتم بأستخدام مرسبات كيميائية لتنشيط والآسراع بعملية الترسيب حيث يترسب كلا من المرسب والمادة المراد ترسيبها ، بينما يتم الادمصاص كمثال اخر للمعالجة الكيميائية عن طريق إزالة الملوثات من المياه الملوثة علي سطح مادة الادمصاص بفعل قوي التجاذب بين الأجسام .

وتتمثل المعالجة الكيميائية في عمليات التطهير باضافة الكلور والتي تعرف بالكلورة ، وايضا اضافة بعض البوليمرات أو الكيماويات التي تساعد علي تجفيف وازالة الماء من الحمأة الناتجة من مراحل الهضم اللاهوائي .

وعامة في مجال معالجة مياه الصرف الصحي تستخدم وحدات المعالجة الكيميائية مرتبطة ومكملة لوحدات المعالجة الفيزيائية .

وهناك بعض العوامل التي يعتمد عليها في اختيار نظام المعالجة الكيميائية منها ما يرتبط بالماء المراد معالجته ومنها ما هو خاص بالعملية نفسها وتتلخص العوامل في الاتي:

- كمية ونوعية الماء الملوث.
- كلفة وتوفر الكيماويات اللازمة.

- سلامة وأمان العملية وكمية ونوعية الملوثات الناتجة.
- كمية ونوعية (الرواسب الصلبة) الحمأة الناتجة .

ومن الجدير يالذكر ان الحاجة إلى ضبط العمليات هنا أكبر منها في حالة أنظمة المعالجة البيولوجية:

فإذا استخدمت المواد الكيميائية بكميات زائدة أو إذا لم يتح زمن تلامس مناسب فإن التفاعلات الكيميائية لن تتم بالشكل الأمثل وينتج عن ذلك تشكل ملوثات أخرى جديدة صعبة المعالجة ولهذا فان نظام المعالجة العام وأختيار العمليات يجب أن يتم على ضوء دراسة طبيعة وخصائص الماء الملوث وأن يكون مسبوقاً بدراسة معملية مستفيضة.

الجدول التالي يبين أنواع عديدة من عمليات المعالجة الكيميائية والغرض من تطبيق هذه العمليات.

جدول ٣-١

عمليات المعالجة الكيميائية وتطبيقاتها

عملية المعالجة	تطبيق عملية المعالجة والغرض منها
الترسيب الكيمائي Chemical precipitation	مثل عمليات ازالة الفسفور وعمليات تحفيز واسراع ازالة المواد العالقة في وحدات الترسيب الأبتدائي .
الامتزاز Adsorption	ازالة المواد العضوية والتي لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيماوية والبيولوجية التقليدية.
التطهير Disinfection	تدمير وقتل الكائنات الممرضة بوسائل التطهير المتعددة .
التطهر بالكلور Chlorination (الكلورة)	تدمير وقتل الكائنات الممرضة باستخدام الكلور أو مركباته ، كأحد اكثر الطرق شيوعا

	في تطهير مياه الصرف الصحي.
نزع الكلور Dechlorination	ازالة الكلور الكلي المتبقي المتحد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة .
التبادل الايوني Ion Exchange	ازالة الأيونات وبعض العناصر الغير مرغوب فيها .
تطبيقات كيميائية اخري	اي تطبيقات يستخدم فيها الكيماويات لتحقيق اهداف معينة في معالجة مياه الصرف .
Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill2002,	

والمعالجة الكيميائية لها بعض العيوب بالمقارنة بطرق ووحدات المعالجة الاخري مثل وحدات المعالجة الفيزيائية ، وهذه العيوب تتمثل في ان عمليات المعالجة الكيميائية هي عمليات إضافة مواد (يتم فيها إضافة مواد معينة) ففي كثير من الأحيان هناك مادة معينة تضاف لمياه الصرف لإزالة ملوث أو مكون معين يتبعه زيادة في النهاية للمواد والمكونات الذائبة لمياه الصرف.

٣-٢. الكيماويات المستخدمة في عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

تتعد الكيماويات التي تستخدم في العمليات الكيميائية لمعالجة مياه الصرف فقد تستخدم كيماويات للمساعدة في عمليات الترويب والترسيب الكيميائي أو في تكثيف الحمأة أو في تطهير مياه الصرف المعالجة أو في حل بعض مشاكل المعالجة البيولوجية كتضخم الحمأة . والجدول التالي يبين بعض الكيماويات الشائعة الأستخدام في بعض مشاريع معالجة مياه الصرف.

جدول ٣-٢

المواد الكيميائية واستخداماتها

المادة الكيميائية	الاستخدام
كبريتات الالمونيوم(الشبه)	الترويب – ازالة الفسفور كيميائيا من مياه الصرف (الصحي- الصناعي – الزراعي)
كلوريد الحديديك	الترويب- الترسيب الكيميائي -تكييف الحمأة
كبريتات الحديدوز	الترويب- الترسيب الكيميائي
كبريتات الحديديك	الترويب- الترسيب الكيميائي
الجير	الترويب – ازالة الفسفور - تكييف الحمأة – ضبط الرقم الهيدروجيني
السيليكا المنشطة	المساعدة في الترويب
الامونيا	اضافة الغذاء(عنصر النتروجين) للبكتريا في المعالجة البيولوجية
حمض الفوسفوريك	اضافة الغذاء(عنصر االفسفور) للبكتريا في المعالجة البيولوجية
البوليمرات	التزغيب
البوليمرات العضوية	تكثيف وتكييف الحمأة
الصودا الكاوية	ضبط الرقم الهيدروجيني
حمض الكبريتيك	ضبط الرقم الهيدروجيني
كربونات الصوديوم	ضبط الرقم الهيدروجيني
الكربون المنشط	امتزاز المواد العضوية – ازالة العناصر الثقيلة – ازالة الروائح
فوق أكسيد الهيدروجين	التحكم والسيطرة علي نمو الكائنات الخيطية وعلاج تضخم الحمأة في وحدات المعالجة البيولوجية
غاز الكلور	تطهير مياه الصرف المعالجة - التحكم والسيطرة علي نمو الكائنات الخيطية وعلاج تضخم الحمأة في وحدات المعالجة البيولوجية
كلوريد البروم	تطهير مياه الصرف المعالجة
الاوزون	تطهير مياه الصرف المعالجة

٣-٣. الترسيب الكيميائي Chemical precipitation

يساعد الترسيب الكيميائي لمياه الصرف الخام قبل الترسيب في تلبّد الأجسام الصلبة المجزّأة لتشكل كتلا سهلة الترسيب . وبهذه الطريقة تزيد فعالية إزالة المواد الصلبة العالقة والفوسفور وغيرها بالمقارنة مع الترسيب العاديّ بدون اضافة كيماويات . وتتأثر درجة التصفية الناتجة بكميّة المواد الكيميائية المضافة ودقة التحكم بالعملية.

في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائى تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي BOD_5 من المياه في حالات:

١- اختلاف تركيز الصرف على مدار الفصول

٢- الأحتياج إلى درجة معالجة متوسطة

٣- كوسيلة مساعدة لعملية الترسيب الطبيعي.

وقد أدى الاحتياج إلى توفير الإزالة الكاملة للمركبات العضوية والمغذيات (النيتروجين والفوسفور) الموجودة بمياه الصرف إلى زيادة الأهتمام بالترسيب الكيميائي.

وقد تم تطوير العمليات الكيميائية للمعالجة الثانوية الكاملة للمياه الملوثة، بما فيها إزالة النيتروجين أو الفوسفور أو كليهما، بالإضافة إلى تطوير عمليات كيميائية أخرى لإزالة الفوسفور بالترسيب الكيميائي إلى جانب المعالجة البيولوجية.

ويتضمن الجدول التالي مقارنة لفعالية الإزالة في الترسيب العادي والكيميائي.

جدول ٣-٣

المتغيرات	نسبة الازالة %	
	الترسيب العادي	الترسيب الكيميائي
المواد الصلبة الكلية العالقة	٤٠-٧٠	٦٠-٩٠
الاكسجين الحيوي المستهلك	٢٥-٤٠	٤٠-٧٠
الاكسجين الكيميائي المستهلك	-	٣٠-٦٠
الفسفور	٥-١٠	٧٠-٩٠
الحمل البكتيري	٥٠-٦٠	٨٠-٩٠

المصدر Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers

الترسيب وعلاقته بقطر المواد القابلة للترسيب

يعد قطر المواد الموجودة في مياه الصرف من العوامل المحددة لنوعية الترسيب المناسبة لإزالة هذه المواد.

فالمواد الذائبة تتميز بانها ذات قطر اقل من ٠,٠٠١ ميكروميتر وبالتالي فانه لابد من استخدام الترسيب الكيميائي لازالتها.

اما المواد الغروية فذات اقطار تتراوح بين ٠,٠٠١ الي ١ ميكروميتر فيمكن استخدام الترسيب الكيميائي أو الترويب لازالتها والمواد الجسيمية الأولية فذات اقطار تتراوح بين ١ الي ١٠٠ ميكروميتر لذا يستخدم الترويب أو المزج البطيء لإزالتها .

أما الندف القابلة للترسيب فاقطارها اكبر من ١٠٠ ميكروميتر لذا فهي تترسب بالجاذبية اي بالترسيب العادي .

ويعتمد أختيار المادة الكيميائية المرسبة والتي تعرف بالمادة المخثرة تحقيقًا لترسيب معزّزٍ على الأداء والكلفة ومن المخثرات المستعملة عادة .لمعالجة المياه الصرف الشبّة وكلوريد الحديديك وكبريت الحديديك والكبريت الحديدي والكلس.

وتزال المواد الصلبة العالقة بالمعالجة الكيميائية عن طريق ثلاث عمليّات متتابعة هي:

المزج السريع Coagulation

والتلبّد المزج البطيء Flocculation

والترسيب Sedimentation

. ففي المرحلة الأولى، تضاف المادة الكيميائية وتمزج مزجًا سريعًا خلال ٢٠ إلى ٣٠ ثانية، ثمّ تلبّد الجسيمات عبر حث تدرّجات في السرعة بطريقة ميكانيكية، ويستلزم التلبّد ١٥ إلى ٣٠ دقيقة في حوضٍ مجهّز بعنفة؛ وأخيرًا تصفى المياه بتأثير الجاذبية . والتخثير، بالرغم من فعاليّته، ينتج كميّة أكبر من الحمأة الأوّلية التي يصعب تجفيفها ويتسم بالصعوبة وأرتفاع كلفة التشغيل.

٣-٣-١. عملية الترسيب الكيميائي

الترسيب عبارة عن إضافة مواد كيميائية تساعد على إحداث تغير فيزيوكيميائي للجسميات ينتج عنه تلاصقها مع بعضها وبالتالي تجمعها ومن ثم ترسيبها في أحواض الترسيب نظراً لزيادة حجمها. وتستخدم عدة مخثرات كيميائية من أهمها مركبات الحديد والألمونيوم والكالسيوم والبوليمر .

ويستخدم في الترسيب بعض الكيماويات الغير قابلة للذوبان في الماء والتي تكون مع المياه ندف هلامية Floc وهذه الندف تلتصق بالمواد العالقة في المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وتترسب ممتزة علي سطحها الجسيمات العالقة الدقيقة .

وكيماويات الترسيب تحمل غالبا شحنة موجبة والاجسام العالقة تحمل شحنة سالبة وعندما يلتصقان يحدث نوعا من تعادل الشحنات مما يسهل من عملية ترسيب المواد العالقة في المياه لزيادة وزنها وحجمها.

المادة المروبة + المزج السريع ← الندف الهلامية

الندف + مزج بطيء ← تجمع وترسب الندف

تحدث عملية الترويب أثناء عملية المزج السريع للمياه. الغرض منه خلط محلول المروب مع الماء خلطا سريعاً ينتج عنه مزج المروب مع الماء مزجاً تاماً.

هناك نظريتان لشرح طرق ثبات وعدم ثبات أنظمة المروبات:

١- النظرية الكيميائية التى تقترح أن المروبات عبارة عن مكونات.ذات أساس كيميائى محدد تحدث نتيجة تفاعلات كيميائية معينة بين حبيبات الترويب والمروب الكيميائى المضاف.

٢-النظرية الفيزيائية تقترح أن الانخفاض فى قوى الشد الموجودة لفصل الحبيبات عن بعضها تحدث من خلال الأنخفاض فى القوى الألكتروستاتيكية مثل قوة زيتا الثابتة.

وعملية الترسيب تتم علي ثلاث مراحل متتابعة وهي:-

- تجهيز المادة المروبة
- المزج السريع للمادة المروبة مع المياه.
- المزج البطيء في احواض الترغيب

المروبات المستخدمة عادة هي كبريتات الالمونيوم (الشبه) وكبريتات الحديديك وكبريتات الحديدوز وكلوريد الحديديك والومنيات الصوديوم ، وفي بعض الحالات تستخدم البلمرات عالية الكثافة في عملية الترويب .

عملية تجهيز كيماويات الترويب

يجهز المحلول المروب في خزانات معينة مجهزة أو صندوق معدني مثقب ثم يرش بالماء ثم يوضع المحلول في خزانات حيث يجهز تركيز للشبة مثلا من ٣ الي ٥ % ويجب الا يقل التركيز عن ٢,٠ % .

أ- عملية المزج السريع (الترويب Coagulation)

تتوقف الطريقة المستخدمة في المزج السريع للمادة المروبة مع المياه علي نوع المادة المروبة وكمية المواد العالقة وحجم المحطة ومعدل التدفق.

والغرض منه انتشار المادة المروبة في المياه باسرع طريقة ممكنة ويتم ذلك في مدة قصيرة تتراوح بين ٢٠ الي ٦٠ دقيقة.

وتتم عملية المزج السريع باحد الطرق الاتية :-

١-الخلط الميكانيكي وفيه يستخدم خلاط ميكانيكي لاتمام عملية المزج بحيث تكون سرعة القلاب (ذراع الخلط) ٣٠٠ الي ٦٠٠ لفة في الدقيقة .

٢-الخلط باستخدام المضخات وهو لايتأثر بمعدل التدفق .

٣-اضافة المادة المروبة في مدخل حوض المزج السريع

٤-الخلط في الخط.

العوامل التي تؤثر على كفاءة الترويب

١. تركيز أيون الهيدروجين في المياه.

٢. وجود الأيونات السالبة في المياه .

٣. تركيز المادة المروبة المضافة.

٤. درجة ومعدل خلط المياه مع المادة المروبة.

٥. تركيز المواد العالقة في المياه.

٦. درجة الحرارة.

ب- عملية المزج البطيء (Flocculation)

الهدف من هذه العملية هو التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد العالقة الدقيقة على سطح الكيماويات المضافة. يمكن تنفيذ هذه العملية إما بالتحريك الميكانيكي أو بتحريك الهواء وتكون جديرة بالأخذ في الاعتبار عندما نحتاج إلى:

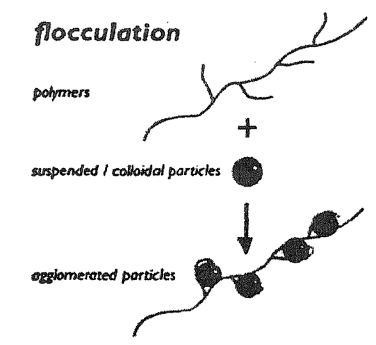
* زيادة نسبة التخلص من المواد العالقة والأكسجين الحيوي الممتص (BOD) في أحواض الترسيب الأولية.

* المعالجة النهائية لأنواع خاصة من مياه الصرف .

* تحسين أداء أحواض الترسيب الثانوية وخاصة في عمليات الحمأة المنشطة وأيضا من أجل زيادة احتمالات الاصطدام بين حبيبات الترويب وبالتالي زيادة التصاقها ببعض لتكوين مواد صلبة قابلة للترسيب أو للترشيح. وتتم العملية من خلال التحريك المطول لحبيبات الترويب لزيادة الحجم والكثافة.

ويمكن إجراء هذه العملية في أحواض منفصلة تتواجد في تركيب المروق. كما يمكن استخدام طريقة المزج البطيء باستعمال الهواء وفيها يجب ضبط نظام تزويد الهواء بحيث يمكن تغيير مستوى الطاقة في جميع أجزاء الحوض. وعادة يتم خفض كمية الطاقة الداخلة في كلا النظامين - الهوائي والميكانيكي - وذلك حتى لا يتم

تكسير الجزيئات التي تجمعت وتكونت في بداية العملية خلال خروجها من خزان المزج البطيء.

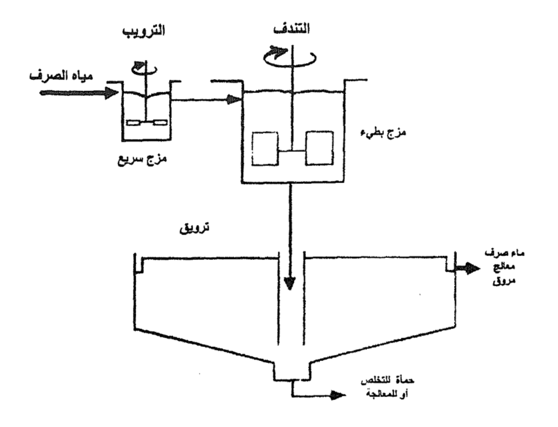


شكل٣-١ يبين اتحاد البوليمر بالمادة الغروية أو المادة العالقة

ج- الترسيب Sedimentation

وهي المرحلة الاخيرة من مراحل الترسيب الكيميائي فبعد تكون الندف الهلامية في المياه Floc تلتصق هذه الندف بالمواد العالقة في المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وتترسب ممتزة علي سطحها الجسيمات العالقة الدقيقة.

والشكل التالي يبين عمليات الترويب والتندف والترسيب داخل أحد مشاريع مياه الصرف .



شكل٣-٢ مخطط لمحطة معالجة صرف يبين عمليات الترويب شاملة عمليات المزج البطيء والسريع والترسيب

٣-٣-٢. الترسيب الكيميائي لتحسين أداء محطات مياه الصرف

تم استخدم العديد من المواد الكيميائية للترسيب على مدى السنوات. ويوضح الجدول التالي أكثر هذه المواد استخداما. وتعتمد درجة الترويق على كمية الكيماويات المستخدمة وعلى دقة التحكم في العملية نفسها. ويمكننا من خلال الترسيب الكيميائي الحصول على صرف ذي درجة عالية من النقاء وخال إلى حد كبير من المواد العالقة والرغوية.

والكيماويات المضافة لمياه الصرف تتفاعل مع مواد موجودة اصلا وطبيعيا في مياه الصرف(المركبات المسببة للقلوية) أو تتفاعل مع مواد قد تكون أضيفت لمياه الصرف.

جدول٣-٤

الكيماويات المستخدمة في معالجة مياه الصرف بالترسيب الكيميائي

المادة الكيميائية	الرمز الكيميائي	الوزن الجزيئي
١. كبريتات الألمونيوم (الشبه)	aluminum sluphate alum $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	٦٦٦,٧
٢. كبريتات الحديدوز	Ferrous Sulphate $FeSo_4 \cdot 7H_2O$	٢٧٨,٠
٣. كبريتات الحديديك	Ferric Sulphate $Fe_2(SO_4)_3$	٤٠٠
٤. كلوريد الحديديك	Ferric Chloride $FeCl_3$	١٦٢,١
٥.هيدروكسيد الكالسيوم "جيرمطفى"	$Ca(OH)_2$	٥٦ as CaO

ومن خلال الترسيب الكيميائي يمكن إزالة من ٨٠ إلى ٩٠ % من المواد العالقة الكلية ومن ٥٠-٨٠ % من الأكسجين الحيوي الممتص BOD ومن ٨٠-٩٠ % من نسبة البكتريا الموجودة في مياه الصرف. وفي المقابل يوفر الترسيب الطبيعي إزالة ٥٠ إلى ٧٠ % فقط من المواد العالقة الكلية و٢٥ إلى ٤٠ % من البكتيريا.

الكيماويات، لابد ان تضاف الي مياه الصرف ثم تخلط جيدا مع المياه حتي يتم التفاعل الكيميائي ويتكون المرسبات الزغبية والتي تنتقل الي احواض الترسيب حيث تترسب وترسب معها المواد العالقة الصغيرة جدا ذات الأحجام الدقيقة جدا .

اما المواد العضوية الذائبة فلا تتاثر كثيرا بعمليات الترسيب الكيميائي اذا انها في اغلب الأحيان تحتاج الي بوليمرات وكيماويات خاصة .

تتناسب الكيماويات المضافة مع معدات تدفق مياه الصرف ، حيث تظبط الجرعات مما يعطي ندف ومواد زغبية يسهل ترسبها في الأحواض .

المواد الكيميائية المستخدمة في الترسيب الكيميائي

١- (الشبة) كبريتات الالمونيوم المائية Aluminum Sluphate Alum $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\,H_2O$

مياه الصرف تحتوي علي المواد المسببة للقلوية (بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات الماغنيسيوم) ،وعندما تضاف الشبة الي المياه فان التفاعل يسري علي النحو التالي

$$Al_2(SO_4)_3.18H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \Leftrightarrow CaSO_4 + Al(OH)_3 + 6CO_2 + 18H_2O$$

Aluminium Sulfate — Calcium Bicarbonate — Calcium Sulfate — Aluminium hydroxide

* تتكون ندف جيلاتينية من هيدروكسيد الالمونيوم والذي يترسب ببطء في مياه الصرف والذي يكسح ويجرف معه المواد العالقة في المياه محدثا ترويقا ملحوظا للمياه .

ولكي يتم هذا التفاعل بصورة جيدة لابد ان يتوفر في مياه الصرف المواد المسببة للقلوية مثل بيكربونات الكالسيوم والماغنيسيوم حتي يتم التفاعل بين هذه المواد والشبة محدثة ترسيب كيمائي .

وتتوقف استخدلم الشبة كمادة مروبة علي اساس انه عند اضافتها الي المياه فان هيدروكسيد الالمونيوم يتحلل منتجا ايون الهيدروجين الذي يعمل علي خفض الرقم الهيدروجيني للماء كما توضح المعادلة الاتية :-

$$Al(OH)_3 + H_2O \longrightarrow Al(OH)_4 + H^{+}$$

وطبقا للمعادلة السابقة فان كل تركيز من الشبة قدره ١٠ مجم / لتر يحتاج الي ٤,٥ -٥,٠ مجم لكل لتر من القلوية ، ومن ثم فان قلت القلوية عن هذا التركيز

يلزم اضافة كمية من الجير لتعويض هذا النقص ولكن هذا قلما يحدث في مياه الصرف اذا تحتوي المياه علي كميات كافية من مركبات القلوية .
واهمية ظبط الرقم الهيدروجيني ترجع الي الزغبات والندف التي تتكبون بفعل مروب الشبة قد تختفي في حالة نقص الرقم الهيدروجيني وكذلك في حالة زيادته فعند زيادته يتأين هيدروكسيد الالمونيوم الي الالومنيات التي تذوب في الماء . ولذلك فقد أثبتت التجارب المعملية ان افضل النتائج لتكوين الندف هي في مدي للرقم الهيدروجيني يتراوح بين ٦,٤ الي ٨,٠ .

جهاز تقدير جرعة الشبة

يتكون الجهاز من ستة كؤوس من الزجاج سعة كل منها لتر بكل كأس قلاب كهربائى . ويوضع فى كل كأس من مياه االصرف ثم يضاف إلى الكأس على التوالى كميات متزايدة من محلول الشب ١٠% أو أى مروب أخر ثم تحرك القلابات بسرعة ١٥٠ دورة فى الدقيقة لمدة دقيقة لمزج المروب جيدا ثم تخفض السرعة تدريجيا لتصل إلى ٤٠ دورة فى الدقيقة لمدة ٢٠ دقيقة . ويلاحظ أثناء ذلك تكوين الندف وحجمها بالكؤوس ثم تترك ٣٠ دقيقة لترسيب الندف . والكأس الذى تتكون به ندف فى حجم راس الدبوس مع شفافية المياه بعد الترسيب تكون هى أنسب جرعة للترويق

٢- كبريتات الحديدوز Ferrous Sulphate $FeSo_4 \cdot 7H_2O$

في معظم الاحيان كبريتات الحديدوز لا تستخدم منفردة كمادة مرسبة لان الجير لابد ان يضاف في نفس الوقت للحصول علي مادة مرسبة جيدة . والتفاعل لكبريتات الحديدوز منفردة مع المياه يكون كالاتي :-

$$FeSO_4 \cdot 7H_2O + Ca(HCO_3)_2 \Longleftrightarrow Fe(HCO_3)_2 + CaSO_4 + 7H_2O$$

وعند اضافة الجير في صورة هيدروكسيد الكالسيوم فالتفاعل يسير علي النحـو التالي :-

$$Fe(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \Longleftrightarrow Fe(OH)_2 + 2CaCO_3 + 2H_2O$$

وهيدروكسيد الحديدوز يتأكسد لهيدروكسيد الحديديك الثلاثـي بفعـل الاكسـجين الموجود الذائب بمياه الصرف.

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \Longleftrightarrow 4Fe(OH)_3$$

هيدروكسيد الحديديك لا يذوب في الماء ويتكون في صورة ندف جيلاتينية شـبيها بالندف المتكونة بالشبة، ويترسب حاملا معه المواد العالقة الموجودة في المياه .

وحسب المعادلات السابقة فان كل ١٠ مجم من كبريتات الحديدوز تحتـاج الـي ٤,٠ مجم من الجير و ٠,٢٩ مجم من الاكسجين الذائب.

ولان تكون الراسب الجيلاتيني من هيدروكسيد الحديديك يعتمد اساسا علي وجـود الاكسجين الذائب في المياه ولان مياه الصرف الصحي او الصناعي تكاد تخلـو من الاكسجين فان كبريتات الحديديك قد تستعمل بدلا من كبريتات الحديدوز كمادة مرسبة لمياه الصرف وفي هذه الحالة لايتطلب إضافة الجير أو الأكسجين الذائب .

كلوريد الحديديك Ferric Chloride $FeCl_3$

يعد كلوريد الحديديك من اشهر واكثر المواد استخداما كمادة مرسبة لمياه الصرف الصحي والصناعي ، وكلوريد الحديديك يتميز بانه شديد النشاطية والعدوانية فـي حالته الصلبة أو السائلة ، واملاح الحديديك عامة عوامل اكسدة تزيـل كبريتيـد الهيدروجين وتحسن نوعية المياه ويستخدم بكثرة في تنقية مياه الصرف الصـحي والصناعي وترسيب المعادن الثقيلة .

وقد يحتاج مركبات الحديديك إضافة مواد لزيادة القلوية مثل هيدروكسيد الكالسيوم وذلك لسهولة تكون هيدروكسيد الحديديك ، الا ان مياه الصرف الصحي قد تحتوي علي كميات كافية من مركبات القلوية .

والمعادلات التالية تشرح تفاعلات كلوريد الحديديك وكبريتات الحديديك.

- Ferric Chloride

$$FeCl_3 + 3H_2O \Longleftrightarrow Fe(OH)_3 + 3H^{+} + 3Cl^{-}$$

$$3H^{+} + 3HCO_3^{-} \Longleftrightarrow 3H_2CO_3$$

-Ferric Chloride and Lime

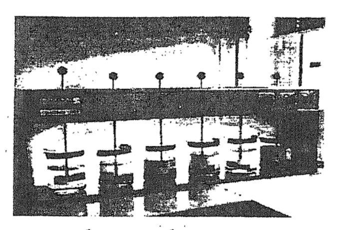
$$FeCl_3 + 3Ca(OH) \Longleftrightarrow 3CaCL_2 + 2Fe(OH)_3$$

- Ferric Sulfate and Lime

$$FeSO_4 + 3Ca(OH)_2 \Longleftrightarrow 3CaSO_4 + 2Fe(OH)_3$$

اختبار القنينة لتحديد جرعة المادة المروبة

يعد اختبار القنينة Jar Test من افضل الاختبارات لتحديد جرعة المادة المروبة ولتعيين أفضل الظروف للترويب ، واختبار القنينة هو اختبار معملي ويتكون جهاز من قاعدة مضاءة معلق عليها اذرع للخلط عددها غالبا ستة اذرع والاذرع متصلة بعامود ادارة وتشغيل واحد والاذرع متصلة بقلابات لعمل خلط للماء مع المادة المروبة والجهاز مزود بعدة سرعات حيث تتغير السرعات بعدد اللفات في الدقيقة وذلك لمحاكاة عملية الخلط السريع وعملية الخلط البطيء والترسيب التي تحدث عمليا في الأحواض . واذرع الخلط تدور داخل كؤوس للخلط غالبا سعتها ١ لتر لكل كأس .



صورة لجهاز تقدير جرعة المادة المروبة جهاز جار

التجربة

١. تحضر عينات ماء الصرف المراد اختبارها وتوضع في الكؤوس.

٢. يشغل جهاز السرعات فتدور القلابات ثم تضاف المادة المروبة ويتم خلط الماء مع المادة المروبة بالخلط السريع لمدة من خمسة الي عشرة دقائق.

٣. تقلل السرعة ويحدث الخلط البطيء للماء مع المادة المروبة وتكوين الزغبات وبعد تمام المرحلة يتم ايقاف القلابات حتي تعطي الفترة الزمنية لمدة ١٠-٣٠ دقيقة لرسوب الخليط أو لاي فترة زمنية مناسبة لحدوث الترسيب .

٤. تتم الملاحظة البصرية لكل جرعة من جرعات المادة المروبة من حيث شكل الزغبات(حجم الندف ودرجة تجمعها) ودرجة صفاء المياه العلوية بعد الترسيب والزمن الذي استغرق في الترسيب.

٥. يتم اختبار المياه الرائقة بالنسبة للعكارة واللون والرقم الهيدروجيني أو اي قياسات اخري خاصة بازالة المواد العالقة .

٦. من خلال القياسات يتم تحديد جرعة المادة المروبة المناسبة لافضل ترويب وافضل ترسيب لمياه الصرف .

٣-٣-٣. ازالة الفسفور

يعتبر الفوسفور أحد العناصر الرئيسية المغذية ومن الواجب تخفيضه إلى الحدود الدنيا المقبولة قبل إلقاء المياه المعالجة إلى المصادر المائية العامة (بحيرة – نهر) وبشكل عام فإن أحواض الترسيب الأولية تعمل على إزالة الفوسفور الموجود في المياه الملوثة بنسبة تتراوح بين (١٠ - ٣٠)٪ وأما المعالجة الثانوية فهي تتصف بأنها ذات فعالية منخفضة في إزالة الفوسفور. وهناك العديد من الطرق المستخدمة لإزالة الفوسفور من المياه المعالجة ونذكر منها :

١. الازالة البيولوجية للفسفور.

٢. الازالة بالترسيب الكيميائي.

Orthophosphoric acid

Trimetaphosphoric acid

Dipolyphosphoric acid or pyrophosphoric acid

Tripolyphosphoric acid

Organic backbone

Organic phosphate

شكل ٣-٣ التركيب الكيميائي للصور المختلفة للفوسفات في مياه الصرف

ازالة الفوسفات كيميائيا بالمرسبات الكيميائية

إن الفوسفور المتواجد في مياه الصرف على شكل فوسفور عضوي أو على شكل بولي فوسفات يمكن إزالته بإضافة العديد من المواد الكيميائية.

الكيماويات المستخدمة لازالة الفسفور تشمل بعض الامـلاح المعدنيـة والجيـر ، والاملاح الشائعة هي املاح كلوريد الحديديك والشبة (كبريتات الالمونيوم المائية) وكبريتات الحديدك وكلوريد الحديدوز والذي يكون ناتجا عـن عمليـات تصـنيع الصلب .

هناك أنواع من البوليمرات تستخدم بكفاءة لازالة الفسفور وتستخدم غالبا مع أملاح الحديد والشبة .

والجير كمرسب يستخدم بدرجة اقل نتيجة كونه يعمل علي زيادة الحمـــأة الناتجـــة بالمقارنة بين الاملاح الاخري ، هذا بالاضافة الي مشـــاكل التشـــغيل والصـــيانة للمعدات التي يسببها استخدام الجير نتيجة نقله وتداوله .

يمكن التحكم في ترسيب الفوسفور في مياه الصرف حيث يمكن ترسيبه فـــي اي مرحلة من مراحل المعالجة وفي اكثر من موقع .

والمواقع التي يمكن ان يزال منها الفسفور تقسم الي ثلاث مناطق:

- الترسيب الاولي Pre-precipitation
- الترسيب في المرحلة الثانوية CO-precipitation
- لترسيب في المرحلة الاخيرة Post-precipitation

ا- الترسيب الاولي Pre-precipitation

وفيه يتم إضافة الكيماويات لمياه الصرف الخام لترسيب الفسفور في أحواض الترسيب الابتدائي حيث يزال الفسفور مع الحمأة الابتدائية المزالة .

ب- الترسيب في المرحلة الثانوية(الوسطي) CO-precipitation

وفيه يتم إضافة الكيماويات للمياه خلال مراحل المعالجة البيولوجية الثانوية لتكوين مواد يمكن ترسيبها (مواد مترسبة) تزال مع الحمأة الثانوية المنصرفة والكيماويات المضافة يمكن ان تضاف:

- الي المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي.
- أو الي السائل المخلوط باحواض التهوية وذلك في محطات المعالجة بالحمأة المنشطة .
- أو الي المياه الخارجة من المعالجة البيولوجية قبل دخولها الي وحدات الترسيب الثانوي.

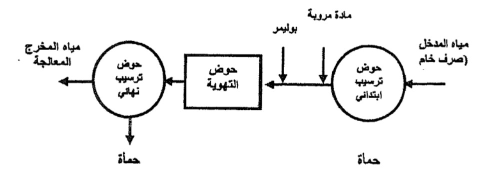
ج- الترسيب في المرحلة الاخيرة(النهائية) Post-precipitation

وفيه يتم إضافة الكيماويات للمياه الناتجة المعالجة الخارجة من وحدات الترسيب الثانوي ، ومن ثم تزال الحمأة المترسبة في احواض ترسيب خاصة أو من خلال مرشحات أو فلاتر خاصة لمياه المخرج .

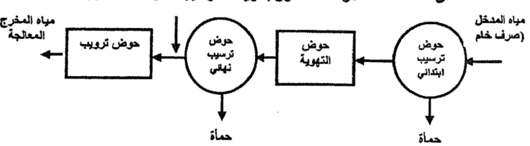
الشكل التالي يمثل مخططا لهذه الانواع من الترسيب

مادة مروبة
بوليمر
مياه المدخل (صرف خام)
مزج سريع
حوض ترسيب ابتدائي
حوض التهوية
حوض ترسيب نهائي
مياه المخرج المعالجة
حمأة
حمأة

شكل ٣-٤ مخطط لازالة الفسفور بالترسيب الكيماني بطريقة الترسيب الاولية



شكل ٣-٥ مخطط لازالة الفسفور بطريقة الترسيب المرحلة الثانوية



شكل ٣-٦ مخطط لازالة الفسفور بطريقة الترسيب المرحلة النهائية

كيمياء ازالة الفوسفات

الترسيب الكيميائي للفوسفات يتم باضافة أملاح عناصر عديدة التكافؤ لتكون رواسب من الفوسفات شحيحة الذوبان في الماء .والاملاح شائعة الاستخدام هي أملاح الكالسيوم والألمونيوم والحديد .

<u>الكالسيوم لترسيب الفوسفات</u>

الكالسيوم يضاف عادة في صورة الجير $Ca(OH)_2$ ، ولابد الاخذ في الاعتبار انه باضافة الجير سوف يتفاعل مع مركبات القلوية الموجودة في مياه الصرف ليكون رواسب من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وعند زيادة الرقم الهيدروجيني الي ابعد من ١٠ فان الجير سوف يتفاعل مع الفوسفات مكونا هيدروكسيل الاباتيت كما توضح المعادلة التالية :

$$10Ca^{+2} + 6PO_4^{-3} + OH^{-1} \Longleftrightarrow Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$$

Hydroxyle apatite

ونتيجة لوجود المركبات المسببة للقلوية في مياه الصرف كالبيكربونات فان الجير يتفاعل مع هذه المركبات وبالتالي فان كمية الجير غالبا لن تكون كافية لترسيب كل كمية الفوسفات الموجودة في مياه الصرف وهذا يعتمد علي كمية المواد المسببة للقلوية في الماء. وقدر بعض العلماء كمية الجير اللازمة لترسيب الفوسفات ب ١,٤-١,٥ ضعف القلوية الكلية للماء . وبعد عملية ترسيب الفوسفات.نجد ان الرقم الهيدروجيني للماء يرتفع لهذا لابد من ضبط الرقم الهيدروجيني للمياه المعالجة المزال منها الفوسفات قبل صرفها والتخلص منها وعادة يتم ذلك باعادة كربنة الماء باضافة ثاني اكسيد الكربون .

الالمونيوم والحديد لترسيب الفوسفات

يتفاعل الالمونيوم مع الفوسفات مكونا راسب من فوسفات الالمونيوم كما تبين المعادلة التالية:

$$AL^{+3} + H_nPO_4^{n-3} \Longleftrightarrow ALPO_4 + nH^{+}$$

يتفاعل الحديد مع الفوسفات مكونا راسب من فوسفات الحديديك كما تبين المعادلة التالية:

$$Fe^{+3} + H_nPO_4^{n-3} \Longleftrightarrow FePO_4 + nH^{+}$$

في حالة الالمونيوم والحديد فان واحد مول من الحديد او الالمونيوم يرسب واحد مول من الفوسفات كما توضح المعادلات السابقة ، ولكن يجب الاخذ في الاعتبار بعض العوامل المتداخلة المنافسة لهذه التفاعلات مثل الرقم الهيدروجيني والقلوية والعناصر الصغري ولهذ فان حسابات المعادلات لا تكفي لتحديد كمية الالمونيوم أو الحديد المطلوبة لترسيب الفوسفات بالظبط ولكن تجري تجارب معملية لتحديد الكمية بالظبط ثم تطبق علي المستوي المعالجة الكبير .

مثال لتحديد كمية الالمونيوم اللازمة لترسيب الفوسفور

احسب كمية الشبة اللازمة لترسيب الفوسفور من مياه صرف تحتوي علي مجم فوسفور / لتر اذا علمت ان التجارب اوضحت ان ١,٥ مول من الالمونيوم مطلوبة لكل مول من الفوسفور. واذا علمت الاتي:

صيغة الشبة الكيميائية $AL_2(SO_4)_3 18H_2O$

قوة الشبة ٤٨ %

كثافة الشبة السائلة ٨٠ رطل قدم مكعب = ١٠,٧ رطل /جالون

الحل

١- وزن الشبة بالجالون = ٤٨/١٠٠ x١٠,٧ رطل جالون = ٥,١٤ رطل /جالون

٢- وزن الالمونيوم بالجالون

$$2\ Al \longrightarrow AL_2(SO_4)_3 18H_2O$$

$$2 \times 26.98\ (53.96) \longrightarrow 666.7$$

$$? \longrightarrow 5.14$$

وزن الألمونيوم الموجود بالشبة بالجالون = ٥,١٤ x ٥٣,٩٦ / ٦٦٦,٧ = ٠,٤١٦ رطـل /جالون

وزن الالمونيوم المطلوب لكل وحدة وزن فوسفور

نظريا ١ مول لكل ١ مول

$$Al \longrightarrow P$$

$$26.98\ /\ 30.99$$

اذا الالمونيوم المطلـوب= ١,٠ x [٢٦,٩٨/ ٣٠,٩٩] = ٠,٨٧ رطـل المونيـوم / رطـل فوسفور

عمليا ١,٥ مول لكل مول

كمية الشبة المطلوبة = ١,٥ [٠,٨٧] [١/ ٠,٤١٦] = ٣,١٣ جالون من محلول الشبة لكل رطل فوسفور .

٣-٤. العناصر الثقيلة

تتواجد العناصر الثقيلة بكثرة في الطبيعة حيث تنطلق من خلال الدورات الجيوكيميائية الي البيئة ، وتمثل التركيزات العالية من العناصر الثقيلة في البيئة المائية خطورة علي الكائنات الحية نظرا لقدرة هذه الكائنات علي تراكم هذه العناصر داخل اجسادها وتركيزها مما قد يحدث خللا في وظائفها الحيوية بالإضافة الي انتقال هذه العناصر من خلال السلاسل الغذائية للانسان مسببة له كثير من الأضرار الصحية.

والجدول التالي يشمل العناصر الثقيلة ورموزها الكيميائية

جدول ٣-٥ العناصر الثقيلة

الرمز	العنصر	الرمز	العنصر
Se	سيلينيوم	Cd	الكادميوم
Hg	الزئبق	Cr	الكروم
Ni	النيكل	Cu	النحاس
Ag	الفضة	Fe	الحديد
Zn	الزنك	Pb	الرصاص
Co	الكوبالت	Mn	المنجنيز
Ba	باريوم	Au	ذهب

تاتي العناصر الثقيلة لمياه الصرف الصحي عن طريق المصانع خلال صرفها الصناعي وهي تسبب سمية شديدة وتلوثا كبيرا وذلك في حالة إعادة أستخدام المياه المحتوية علي تركيزات معينة منها ، ولذلك ينصح بعدم أستخدام المياه المحتوية علي العناصر الثقيلة في الري والزراعة قبل إزالتها والتخلص منها تماما.

تصنيف العناصر الثقيلة

تصنف العناصرالثقيلة من حيث طرق الإزالة الكيميائية أوالفيزيائية الي خمسة مجموعات وهي كالاتي :

<u>المجموعة الاولي</u>

وتشمل الفلزات ذات الكلوريدات عديمة الذوبان أو صعبة الذوبان في الماء وذات الكبريتيدات عديمة الذوبان في الأحماض المخففة ، ويمكن بالتالي ترسيبها من محاليلها أما بواسطة حمض الهيدروكلوريك أو بواسطة كبريتيد الهيدروجين ومن أمثلة هذه المجموعة الفضة والرصاص والزئبق .

المجموعة الثانية

وتشمل الفلزات التي تذوب كلوريداتها، لكن كبريتيداتها لا تذوب في الاحماض المخففة ويمكن ترسيب محاليلها بواسطة كبريتيد الهيدروجين ولكنها لا ترسب بحمض وتقع العناصر التالية ضمن هذه المجموعة الزرنيخ –النحاس –الكادميوم– القصدير

المجموعة الثالثة

وتشمل الفلزات التي تذوب كبريتيداتها الاحماض المخففة لكنها لا تذوب في الماء ولا في القلويات . كذلك تحتوي علي الفلزات التي تتفكك كبريتيدايها بالماء ترسب فلزات هذه المجموعة ترسيبا كاملا بواسطة كبريتيد الهيدروجين من المحاليل القلوية فقط . وتقع العناصر التالية ضمن هذه المجموعة الالمونيوم – الحديد – الكروم.

المجموعة الرابعة

وتشمل الفلزات التي تذوب كبريتيداتها في الماء ، ولكن كربوناتها لا تذوب في حال وجود كلوريد الأمونيوم في وسط التفاعل، وترسب فلزات هذه المجموعة بواسطة كربونات الأمونيوم بوجود كلوريد الامونيوم ومن امثلة هذه المجموعة النيكل المنجنيز –الزنك .

المجموعة الخامسة

وهي الفلزات القلوية الترابية ومن بينها الباريوم ، ويمكن ترسيب الباريوم بواسطة الكبريتات مثل كبريتات الصوديوم وبواسطة حمض الكبريتيك كما يمكن استخدام كبريتات الحديد كمادة مخثرة ومرسبة.

تأثير الثقيلة علي المعالجة البيولوجية لمياه الصرف

العناصر الثقيلة تعوق عملية استخدام هذه المياه في اغراض الري والزراعة ، وايضا المواد العضوية السامة التي لا تمتزج مع الماء مثل المبيدات ومبيدات

الاعشاب تعوق عملية استخدام هذه المياه في الزراعة نظرا لسميتها الشديدة .
والجدول التالي يبين تركيزات العناصر الثقيلة التي يمكن لنظام المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة تحملها واستيعابها داخل المحطة دون ضرر علي كفأءة المعالجة وايضا التركيزات القصوي التي لا يمكن لنظام المعالجة استيعابها.

جدول ٣-٦

تركيزات العناصر الثقيلة الضارة بالمعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة

العنصر	التركيزات التي يمكن ان تسبب ضررا للحماءة المنشطة	
	التركيزات المستمرة التي يمكن تحملها لو وجدت يوميا	التركيزات القصوي التي لا يمكن تحملها علي المدي الطويل والقصير
الكادميوم	١ مليجرام / لتر	١٠ مليجرام / لتر
الكروم	٢ مليجرام / لتر	٢ مليجرام / لتر
النحاس	١ مليجرام / لتر	١,٥ مليجرام / لتر
الحديد	٣٥مليجرام / لتر	١٠٠ مليجرام / لتر
الرصاص	١مليجرام / لتر	ـــــــــــ
المنجنيز	١ مليجرام / لتر	ـــــــــــ
الزئبق	٠,٠٠٢مليجرام / لتر	٠,٥ مليجرام / لتر
النيكل	١مليجرام / لتر	٥ مليجرام / لتر
الفضة	٠,٠٣مليجرام / لتر	٠,٢٥ مليجرام / لتر
الزنك	١ الي ٥ مليجرام / لتر	٢٥ مليجرام / لتر
الكوبالت	أكبر من ١ مليجرام / لتر	
السيانيد	١ مليجرام / لتر	١ الي ١٠ مليجرام / لتر
الزرنيخ	٠,٧ مليجرام / لتر	

تاثير العناصر الثقيلة علي عمليات المعالجة البيولوجية بالهضم اللاهوائي

العناصر الغيرعضوية وخاصة العناصر الثقيلة لها تأثير مثبط لنشاط ونمو البكتريا اللاهوائية والتي يقع عليها العبء الاكبر في تكسير وتحلل الملوثات العضوية الموجودة بمياه الصرف او الحمأة المراد هضمها لاهوائيا في احواض التخمير اللاهوائية .

والجدول التالي يشرح ويبين اثر المواد الغير عضوية والتركيز ذو التاثير المثبط المتوسط والتركيزات ذات التأثير المثبط الشديد .

جدول ٣-٧

العنصر	التركيز ذو التاثير المثبط المتوسط مجم /لتر	التركيز ذو التاثير المثبط الشديد مجم /لتر
الصوديوم	٣٥٠٠-٥٥٠٠	٨٠٠٠
البوتاسيوم	٢٥٠٠-٤٥٠٠	١٢٠٠٠
الكالسيوم	٢٥٠٠-٤٥٠٠٠	٨٠٠٠
الماغنيسيوم	١٠٠٠-١٥٠٠	٣٠٠٠
الامونيا – نتروجين	١٥٠٠-٣٠٠٠	٣٠٠٠
الكبريتيد	٢٠٠	٢٠٠
النحاس	-	٠,٥ في صورة ذائبة الكلي ٥٠-٧٠
الكروم السداسي		٣,٠في صورة ذائبة الكلي ٢٠٠-٢٥٠
الكروم الثلاثي		٢,٠في صورة ذائبة الكلي ١٨٠-٤٢٠
النيكل		الكلي ٣٠,٠
الزنك		١,٠ في صورة ذائبة
المصدر Parkin & Owen 1986		

٣-٣-٤-١. ازالة العناصر الثقيلة بالترسيب الكيميائي

نظرا للتاثير الضار للعناصر الثقيلة علي الموارد المائية فان هناك معايير لتركيزها في مياه الصرف الصناعي عند صرفها علي المجاري المائية أو في شبكات الصرف الصحي . وقد تتطلب الحاجة ازالة العناصر الثقيلة من مياه الصرف الصحي المعالجة وذلك عند استخدام هذه المياه في اغراض الري والزراعة .

وهناك عدة طرق لازالة العناصر الثقيلة من المياه من اشهرها عمليات الترسيب الكيميائي ،فالترسيب العادي يسهم فقط في التخلص من ٣٠ الي ٤٠ % من العناصر الثقيلة في مياه الصرف ، بينما الترسيب بالكيماويات مثل الجير مثلا يسهم في التخلص من حوالي ٨٠ % منها . وهذا يتضح من الجدول التالي : -

جدول ٣-٨

الترسيب الكيميائي لبعض العناصر الثقيلة

العنصر	تركيزه في مياه الصرف	نسبة الازالة بالترسيب العادي %	نسبة الازالة بالترسيب الكيميائي (باستخدام الجير)%
الحديد	٦,٣	٤٨	٨٠
النحاس	٠,٦	٢٨	٦٠
الكروم	٠,٣٤	٤٠	٥٨
الرصاص	٠,١٢	٣٣	٥٥
الزئبق	٠,٠٢٨	١٥	٥٠
النيكل	٠,٠٨	١٥	١٥
الزنك	٠,٧	٣٨	٧٠

ترسيب العناصر الثقيلة بالقلويات

ويعد الترسيب باستخدام القلويات من اشهر واهم الطرق التي تستعمل لترسيب العناصر الثقيلة وأهم القلويات المستخدمة هي الهيدروكسيدات مثل هيدروكسيد الصوديوم والكالسيوم .

حيث يعتمد ترسيب العنصر علي قيمة الرقم الهيدروجيني الموجودة وبالتالي فـــان وجود المادة القلوية توفر الظروف المناسبة لترسيب العناصر الثقيلة علـــي هيئـــة هيدروكسيدات العنصر الثقيل ، وطريقة الترسيب بالقلويات يمكن ان تخفض مـــن تركيز العناصر الثقيلة في الماء ليصل الي ٢ مليجرام لكل لتـــر أو اقـــل . فعـــادة المعادن الثقيلة تذوب في الاحماض المعدنية كحمض الهيدروكلوريك وتترسب فـــي وجود القلويات ومن ثم فان ارتفاع الرقم الهيدروجيني بفعل اضافة القلويات يعمـــل علي ترسيب العناصر الثقيلة كهيدروكسيدات ،ولكل عنصر من العناصـــر الثقيلـــة مجال معين من الرقم الهيدروجيني يترسب خلاله علي صورة هيدروكسيد.

والمعادلة الاتية تبين ترسيب المعادن كهيدروكسيد

Metal + Hydroxide(from caustic ⟶ Metal Hydroxide Precipitates

والصورة التالية توضح تكون هيدروكسيد المعدن باضافة القلوي حيث يتضح فيها اتحاد العنصر مع القلوي مكونا الهيدروكسيد الذي يترسب مكونـــا رواســـب مـــن اتحادات العنصر والهيدروكسيد وتخرج المياه نقية بدون العنصر المراد ازالته.

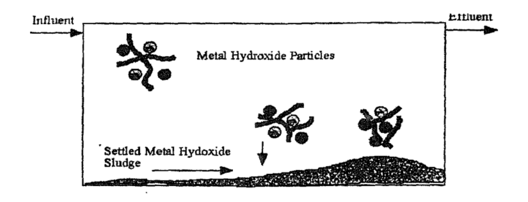


Figure 10 - A Sedimentation Basin with Metal Hydroxide Sludge Formation. Optimized sedimentation basins have minimal baffling. As a result, there is no turbulence as the water flows through the unit.

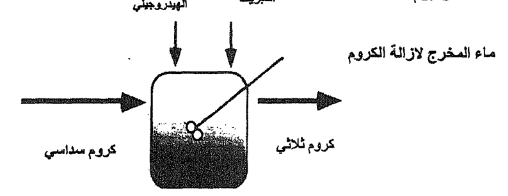
شكل ٣-٧ ترسيب العناصر الثقيلة

مثال لترسيب العناصر الثقيلة بالعمليات الكيميائية

١- إختزال الكروم السداسي

لكي يتم ترسيب الكروم بالهيدروكسيد لابد من اختزال الكروم السداسي التكافؤ الي الكروم ثلاثي التكافؤ لان الكروم السداسي لا يرسب كهيدروكسيد مع اضافة القلوي . ولهذا يمكن تحويل الكروم السداسي الي كروم ثلاثي بالاختزال الكيميائي .

أ- يتم اختزال الكروم اولا بتخفيض الرقم الهيدروجيني بواسطة حمض الكبريتيك الي رقم ٢ثم اختزال الكروم السداسى الى ثلاثى باستخدام ثاني اكسيد الكبريت أو كبريتات الصوديوم.



شكل ٣-٨ مخطط لاختزال الكروم السداسي الى ثلاثى

ب- بعد ذلك يرسب الكروم كهيدروكسيد كما تبين المعادلة التالية.

$$Cr^{+3} + 3OH^{-} \longrightarrow Cr(OH)_3 \downarrow$$

<u>٢-التخلص من السيانيد</u>

يعتبر إزالة السيانيد من الامور الهامة وذلك لان السيانيد مادة سامة كما انها تكون مركبات معقدة متراكبة مع المعادن بما لا يمكن من ترسيب هذه المعادن

كهيدروكسيدات . ولكن عن كسر الروابط بين السيانيد والعنصر يمكن تحرير العنصر وترسيبه كهيدروكسيد.

ويستخدم غاز الكلور (عملية الكلورة) في تدمير السيانيد حيث تحقق هذه الطريقة ازالة للسيانيد تصل الي ٩٠% ، ويتم ذلك بتفاعل الكلور مع السيانيد مكون مركب من الكلوروالسيانيد الذي يكون السيانيت NaCNO في وجود هيدروكسيد الصوديوم ثم يؤكسد السيانيت مكون ثاني أكسيد الكربون والنتروجين

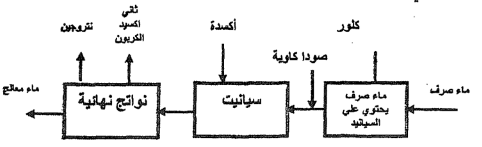
ويتضح ذلك من المعادلات الأتية :-

$$CN + Cl_2 \longrightarrow CNCl$$

$$CNCl + 2NaOH \longrightarrow NaCl + NaCNO + H_2O$$

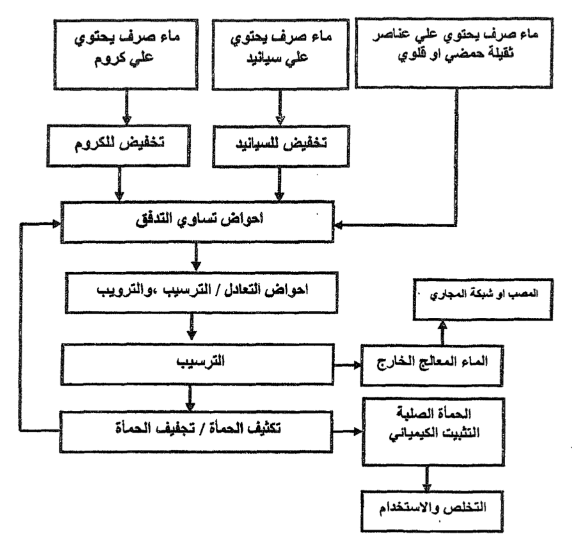
$$NaCNO \xrightarrow{Oxi} CO_2 + N_2$$

والشكل التالي يبين مخطط لازالة السيانيد بالكلورة



شكل ٣-٩ مخطط لازالة السيانيد بالكلورة

ويمكن ازالة الكروم والسيانيد من مياه صرف تحتوي علي كليهما من خلال مشروع معالجة واحد لتخفيض التكاليف ، حيث يمكن الاستفادة من احواض التساوي والتعادل والترسيب وتكثيف الحمأة وهذا يتضح من خلال المخطط التالي لمشروع معالجة لازالة السيانيد والكروم.



شكل ٣-١٠ مخطط لمشروع معالجة لازالة السيانيد والكروم

مثال ١:- عن كيفية حساب ازالة السيانيد من مياه الصرف

في مشروع لازالة السيانيد من مياه الصرف باستخدام الكلورة ا لقلوية ، فيحتوي خزان الصرف علي ١٢٠٠٠ جالون بتركيز سيانيد قدره ١٥ مجم /لتر . وتجارب المعمل اثبتت ان كل ٧ ارطال من الصودا و٨ ارطال من الكلورين مطلوبة لاكسدة ١ رطل من السيانيد لغاز النتروجين.

المطلوب :

(١) معرفة كم من الارطال من الكلورين تلزم لاكسدة كل كمية السيانيد

(٢) كم من الزمن يتطلب لضخ الصودا اذا علمت ان مضخة الصـــودا تضـــخ ١٢٠ جالون في اليوم من ١٠% تركيز.

(٣) كم من الزمن يتطلب لتشغيل جهاز الكلـــورة لضـــخ١٢ % مـــن مـــادة الهيبوكلوريت علما بان جهاز الكلورة يضخ ٢٥٠ جالون في اليوم .

الحل :

حجم السيانيد = ١٢٠٠٠ جالون

تركيز السيانيد = ١٥ مجم / لتر

جرعة الكلور = ٨ رطل كلور / رطل سيانيد

جرعة الصودا = ٧ رطل صودا / رطل سيانيد

تركيز الهيبوكلوريت = ١٢ % كلورين

طاقة الكلورة = ٢٥٠ جالون /يوم

تركيز الصودا = ١٠%

طاقة ضخ الصودا = ١٢٠ جالون في اليوم

كمية السيانيد بالرطل = (حجم السيانيد بالجالون × تركيز السيانيد مجم /لتر × ٨,٣٤ رطل /جالون) / ١٠٠٠٠٠٠ / مول

= ١٢٠٠٠× ١٥ × ٨,٣٤ /١٠٠٠٠٠٠ = ١,٥٠ رطل سيانيد

كمية الكلورين المطلوبة = كمية السيانيد بالرطل × جرعة الكلور رطل /رطـــل = ١,٥٠ × ٨ = ١٢ رطل كلور

كمية الصودا المطلوبة = كمية السيانيد بالرطل × جرعة الصودا رطل /رطل= ١,٥٠ × ٧ = ١٠٥٠ رطل صودا .

الكلور المطلوب رطل × ١٠٠% × ٢٤ ساعة يوم

زمن تشغيل جهاز الكلورة = ــ

طاقة الكلورة × ٨,٣٤ × تركيز الهيبوكلوريت

= ١٢ × ١٠٠ × ٢٤ / ٢٥٠ × ٨,٣٤ × ١٢ = ١,١٥ ساعة

الصودا المطلوبة رطل × ١٠٠% × ٢٤ ساعة يوم

زمن تشغيل ضخ الصودا = ــ

طاقة ضخ الصودا × ٨,٣٤ × تركيز الصودا

= ١٠,٥٠ × ١٠٠×٢٤ / ١٢٠ × ٨,٣٤ ×١٠ = ٢,٥٢ ساعة

مثال ٢

في مشروع طلاء كهربي تتم إزالة النحاس من مياه الصرف عن طريق الترسيب بمادة هيدروكسيد الصوديوم ، وطبقا للنتائج المعملية فان كل ١٠ ملليلتر من ٤ % من هيدروكسيد الصوديوم سوف ترفع قيمة الاس الهيدروجيني الي ١٢ لكمية لتر من مياه الصرف وترسب النحاس ، احسب كم جالون من ٤% NaOH تلزم لمعالجة ٤٠٠ جالون من مياه الصرف .

الحل :

١٠ مل / لتر من مياه الصرف

كمية مياه الصرف ٤٠٠ جالون

كمية NaOH بالجالون = كمية المياه × مل من الصودا / ١٠٠٠ مل × لتر من المياه

= ٤٠٠× ١٠ / ١٠٠٠ × ١ = ٤ جالون من ٤% NaOH .

٣-٤. التعادل Neutralization

الغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة سواء كانت حمضية أو قاعدية – بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلى المجارى العمومية أو إعادة استخدامها حيث تتطلب معظم التشريعات والقوانين البيئية أن يتراوح الأس الهيدروجيني بين ٦- ٩ قبل الصرف النهائي. وضبط الأس الهيدروجينى من المراحل الهامة فى معالجة الصرف الصناعى حيث أن المحاليل زائدة الحموضة غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية، فتلك السوائل الزائدة تؤثر بالضرر الشديد علي خطوط ومواسير الصرف وكذلك علي كافة العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة مياه الصرف .

وبالنسبة للصرف الصحي فيحتاج الي عمليات تعادل اذا كانت هناك مخلفات صناعية سائلة تصرف علي شبكة الصرف الصحي مما يستلزم معادلتها قبل دخولها وحدات معالجة مياه الصرف الصحي وخاصة عندما توجد وحدات للمعالجة البيولوجية. وقد تكون كمية الصرف الصناعي المنصرف الي شبكة المجاري قليلة فتتعادل تلقائيا مع مياه شبكة الصرف الصحي بالتخفيف.

وبالنسبة للصرف الذي يتم معالجته بيولوجيا فإنه يجب أن يبقى مستوى الأس الهيدروجيني ما بين ٦,٥ و ٩ لضمان البيئة المناسبة لتكاثر الكائنات الدقيقة. وتؤثر العمليات البيولوجية الهوائية على الأس الهيدروجيني بسبب تكون غاز ثاني أكسيد الكربون. وتمثل الأحماض المستنفدة وخاصة حمض الكبريتيك، الجزء الأكبر من مياه الصرف الذي يحتاج إلى معادلة.

وعملية التعادل الناجحة تتطلب اجراء بعض الاختبارات اللازمة لنجاح عملية تصميم احواض التعادل وعملية اضافة الكيماويات وتساعد الاختبارات الدقيقة علي الاقلال من كميات الكيماويات المستخدمة في التعادل وتحقيق الكفاءة الاقتصادية للتكاليف الراسمالية وتكاليف التشغيل . وهذه الاختبارات تشمل العناصر الاتية :

- تحليل مياه الصرف (الرقم الهيدروجيني – القلوية الكلية)
- معدل التدفق لمياه الصرف
- كيماويات التعادل وتفاعلاتها .
- تحليل التكلفة لكيماويات التعادل .
- اختبار طريقة التعادل علي المستوي المعملي.
- نظام التحكم في طريقة التعادل (طريقة اضافة الكيماويات والمزج – الية– يدوية الخ ..)

المواد المستخدمة فى المعادلة

يعتبر التعادل من أقدم الطرق الكيميائية وأكثرها استعمالا في معالجة مياه الصرف الحمضية و القلوية لتثبيت الأس الأيدروجيني ما بين ٦ و ٩ كما تتطلب معظم التشريعات البيئية، حيث أن الكثير من مياه الصرف الكيميائية تتعدى هذه الحدود وتتميز بالتذبذب الشديد مع الوقت.

وتستخدم فى عمليات المعادلة العديد من المواد الكيميائية التى تختلف من حيث الكفاءة وكذلك من ناحية التكاليف. ويعتبر الجير من أكثر المواد المستخدمة في التعادل وذلك لسعره المنخفض، ولكنه كثيرا ما يكون الجير الصلب بطيئا في التفاعل فيكون رواسب غير قابلة للذوبان مثل كبريتات الكالسيوم. اما بالنسبة لكربونات الصوديوم وهيدروكسيد الصوديوم والأمونيا فهذه المواد مع أنها أعلى تكلفة ولكنها تتفاعل سريعا مع الأحماض مقارنة بالجير وهي أيضا شديدة الذوبان فى الماء لذلك فإن عملية التداول والتغذية تكون مناسبة وخاصة بال معدلت التى تعمل أوتوماتيكيا.

وتتم معادلة مياه الصرف القلوية باستخدام حمض الكبريتيك أو الأحماض المتخلفة من عمليات أخرى. ويمكن أيضا الاستفادة من الغازات المتسربة مثل ثاني أكسيد الكربون حيث أنه يكون حمض الكربونيك عند امتزاجه بالماء.

وفي أغلب الأحيان، يتم معادلة مياه الصرف الحمضية باستخدام مجاري مياه الصرف القلوية أو الجير أو الدولومايت أو الأمونيا أو الصودا الكاوية أو كربونات الصوديوم.

وتحتاج مياه الصرف ذات القلوية المرتفعة إلى المعالجة باستخدام مجاري مياه الصرف الحمضية أو حمض الكبريتيك أو حمض الهيدروكلوريك أو الغازات المتسربة المحتوية على ثاني أكسيد الكربون. وعادة ما تتم عملية المعادلة على مرحلتين، فيتم أولا التعادل باستخدام خطوط مختلفة لمياه الصرف أو المواد الكيميائية قليلة التكلفة، ثم يتم التعادل النهائي غالبا باستخدام أجهزة تحكم والصودا الكاوية أو حمض الكبريتيك.

التعادل البيولوجي لمياه الصرف الصناعي القلوية

في تطبيق هام في الهند جري عمل عملية تعادل لمياه الصرف الصناعي القلوية الناتجة من أحد مصانع النسيج باستخدام سلالات معينة من البكتريا تم عزلها من البيئة الهندية . وهذه البكتريا المعزولة قادرة علي تخفيض الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف حيث استطاعت ان تخفض الرقم الهيدروجيني من ١٢ الي ٧ خلال ساعتين فقط . وعمليات التعادل باستخدام التقنيات البيولوجية ذو كفاءة وفعالية عالية بالمقارنة بطرق التعادل التقليدية كما يتميز بالنواحي الاقتصادية الجيدة من حيث انخفاض التكلفة بالمقارنة بالطرق التقليدية الكيميائية بالاضافة الي مأمونية استخدام التقنيات البيولوجية وعدم تولد مواد كيميائية سامة لهذه العمليات .

http://www.freepatentsonline.com/

٣-٥. الأمتزاز بالكربون المنشط **Adsorption by Activated Carbon**

الأمتزاز هو عملية تجميع المواد الذائبة في محلول على سطح مناسب . وتعالج مياه الصرف عادة بالكربون المنشط بعد المعالجة البيولوجية العادية بهدف إزالة قسم من المادة العضوية الذائبة المتبقية أو الجسيمات.

وعادة يتم اللجوء لاستعمال الامتزاز بالكربون المنشط من اجل إزالة المواد العضوية التي لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيماوية والبيولوجية التقليدية ،وتشمل المركبات المطلوب إزالتها هي المركبات العضوية السامة والملوثات المقاومة للمعالجة البيولوجية.

وفى بعض الأحيان تستخدم هذه الطريقة لاسترجاع بعض الملوثات القيمة والتى تتواجد فى الصرف العضوى.

كما تستخدم أعمدة الكربون فى إزالة المركبات العضوية المتطايرة (VOC_s)من مياه الصرف حيث أن هذه المركبات يمكن امتصاصها بسهولة على سطح الكربون.

وكما قلنا يستخدم الكربون المنشط لازالة بعض المواد العضوية وغيرالعضوية من المياه الملوثة بجذب هذه المواد علي سطح الكربون ويؤثر في هذه العملية :-

(١)خواص وطبيعة المواد المراد التخلص منها وتركيزها في المياه .

(٢)خواص ونوع الكربون المنشط.

(٣)خواص المياه.

(٤)طريقة انشاء وتجهيز المرشح الكربوني.

ويمكن ترتيب المركبات من حيث قابليتها للامتزاز بواسطة الكربون كالآتي:

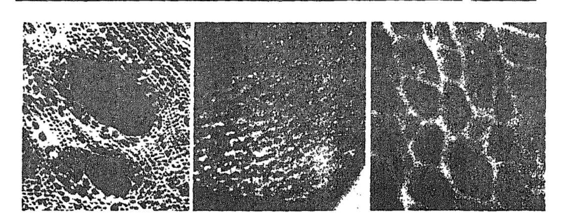
- ☐ الأحماض العضوية
- ☐ الألديهيد
- ☐ الإسترات
- ☐ الكيتونات
- ☐ الكحوليات
- ☐ الجليكول.

والجدول التالي يبين كفاءة الكربون المنشط في أزالة بعض المواد العضوية من مياه الصرف .

جدول ٣-٩

كفاءة الكربون المنشط

الملوثات	النسبة في مياه الصرف مجم / لتر		نسبة الازالة %
	قبل المعالجة	بعد المعالجة	
رابع كلوريد الكربون	٢٠٤٥٠	٥٦٠	٩٧,٣
هكسا كلوروايثان	١٠٤	٠,٢	٩٩,٨
نفثالين	٥٢٩	أقل من ٣	٩٩,٤
٢، كلورونفثالين	١٨	اقل من ٣	٨٣
كلوروفورم	١٤٣٠	٢٧	٩٨,١
تولوين	٢٣٦٠	٣	٩٩,٩
نلوردان	٢١٧	٠,١	٩٩,٩٥
مركبات الهيبتاكلور	٤٠	٠,٨	٩٨



صور توضح المسام الموجودة علي سطح الكربون المنشط والتي يحدث عليها الامتزاز

ويُصنَّع الكربون المنشط بتسخين الفحم إلى حرارةٍ عالية ومن ثـمّ تنشـيطه عبـر تعريضه لغاز مؤكسد .ويؤدّي الغاز إلى إنتاج مسامٍ في الفحم بحيث يزيد من مساحة السطوح الداخلية.

الكربون المنشط المستخدم في معالجة مياه الصرف يتم الحصول عليه من مصادر مختلفة فقد يتم تصنيعه من الخشب أو الليجنين أو فحم البيتومين ، والكربون المنشط المنتج من فحم البيتومين له كثافة أعلي من الانواع الاخري .

والكربون المنشط من مختلف المصادر يعتبر عامل امتزاز مؤثر فمسامية هذا الكربون من ٦٠–٧٠% والمساحة السطحية لوحدة الوزن ٤٠٠–٩٠٠ متر مربع / جرام . وتتوقف خاصية الأمتزاز للكربون المنشط الي حد كبير علي المكونات وحجم الفراغات وتوزيع المسام.

ويقاس نشاط الكربون المنشط بكمية المادة التي تمتز لوحدة الكتلة الكربونية (جرام / كيلوجرام).

والجدول التالي يبين المساحة السطحية لانواع مختلفة من الكربون المنشط.

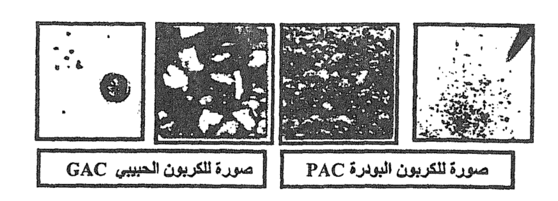
جدول ٣–١٠

مصدر الكربون	المساحة السطحية متر مربع / جرام
فحم البيتومين	١٤٠٠–١٢٠٠
فحم البيتومين	١٠٠٠–٨٠٠
فحم جوز الهند	١١٥٠–١١٠٠
فحم من مخلفات الورق	٦٥٠–٥٥٠
فحم من مخلفات الورق	١١٠٠–١٠٥٠
فحم الخشب	١٤٠٠–٧٠٠

المصدر 2- Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies N&P Limited 2002..Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D

والكربون المنشط نوعان هما الكربون المنشط الحبيبي (ذو الحبيبات) Granular Activated Carbon والكربون المنشط البودرة (المسحوق) Powdered Activated Carbon

ويختلف النوعان عن بعضهما من حيث حجم الدقائق الكربونيـــة وقـــدرة وســـعة الأمتزاز ، فالكربون المنشط البودرة Powdered Activated Carbon دقائقــه الكربونية لها قطر اقل من ٢٠٠ Mesh ، بينما الكربون الحبيبي تبلغ دقائقة قطر اكبر من ٠,١ مليميتر mm.



صورة للكربون الحبيبي GAC

صورة للكربون البودرة PAC

وتقوم بعض الشركات التى تستخدم هذه الطريقة بإعادة تنشيط الكربون المستخدم فى مصانعها وهى عملية مكلفة إذا كانت كمية المياه قليلة، ويمكن الـــتخلص مـــن الكربون المستعمل ولكن بطريقة سليمة حيث أنه يصنف كمخلف خطر مما يرفـــع من تكلفة التخلص.

وتتم عملية تنشيط الكربون بتمرير تيار من البخار خلاله أو عن طريق تسخينه فى أفران، وينتج عن كلتا الحالتين تيــ من المركبات العضوية المتطايرة وبالتالى يجب التخلص منها بطريقة صحيحة. وفى الغالب يتم تكثيف البخار وإما حرقه فى أفران أو إرساله إلى مدفن المخلفات الخطرة.

ويمكن تنشيط الكربون النشط باستخدام البخار ، أو التسخين، أو الغسيل بمـــذيب أو حمض أو صودا، أو باستخدام منشط مؤكسد رطب.

ولمعالجة مياه الصرف باستخدام مسحوق الكربون المنشط، يضاف المسحوق مباشرة إلى المياه في خزّان التلامس لبعض الوقت، حيث يترسّب المسحوق في القاع ويُزال . ويمكن إزالة مسحوق الكربون بسهولة أكبر بالترشيح عبر وسائط حُبَيبية .

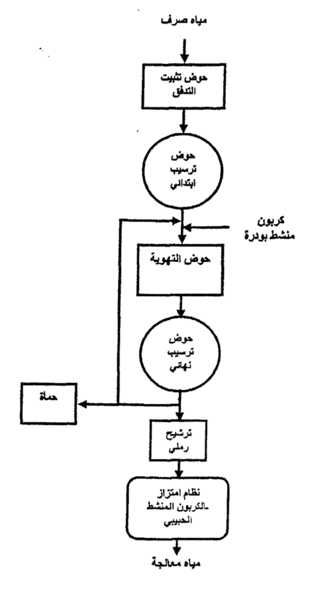
وفي نظم اخري للمعالجة قد يضاف الكربون المنشط المسحوق (البودرة) في نظم المعالجة بالحمأة المنشطة بجرعة ١٠ – ٥٠ جرام لكل متر مكعب وهذا يحقق هدفين:

- الاول تقليل كمية الملوثات العضوية الغير قابلة للتحلل بيولوجيا بالاضافة الي امتزاز العناصر التي تكون ذات سمية للكائنات الدقيقة الحية .

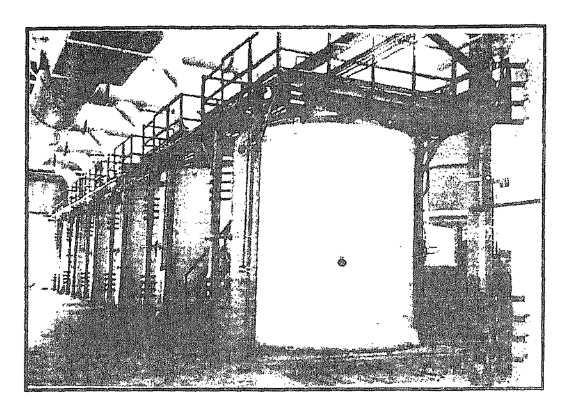
- الثاني اختزال كميات الحمأة المنتجة وتحسين عملية الترسيب التالية في أحواض الترسيب النهائي.

من الجدير بالذكر ان استخدام الكربون المنشط في محطات الصرف الكبيرة الحجم ليس عمليا إذ أن كفاءة المعالجة المحققة باستخدام الكربون المنشط لا تعادل التكاليف المرتفعة نتيجة استخدامه .

والشكل التالي مخطط لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف يستخدم فيها الامتزاز بالكربون المنشط.



شكل ٣-١١ مخطط لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف يستخدم فيها الامتزاز بالكربون



صورة لابراج الكربون المنشط للتحكم في الروائح لمشروع صرف

أستعمال الكربون المنشط للمساعدة في تخمير الحمأة

نظرا لخاصية الكربون المنشط الامتزازية الجيدة فانه في بعض الحالات يضاف الي الحمأة اثناء عملية التخمير اللاهوائي للحمأة داخل الهاضمات اللاهوائية.

ويستعمل الكربون المنشط في أحواض التخمير للاسباب الأتية :-

أ- منع الفوران داخل حوض التخمير.

ب- زيادة كمية الميثان المنتجة اثناء عملية التخمير.

ت- منع وأمتصاص الروائح الكريهة في الحمأة اثناء التخمير.

ث- زيادة سرعة تجفيف الحمأة.

عملية اعادة تنشيط الكربون Carbon Reactivation

يكون العامل الاقتصادي هوالمؤثر في أختيار طريقة تنشيط الكربون واتباع احدي البديلين الاتيين :-

أ- تنشيط الكربون بعد استعماله لفترة محددة.

ب- استخدام كربون منشط جديد.

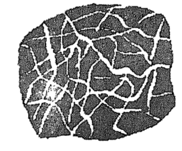
فالاقل تكلفة يتم اختياره وتستخدم في عملية تنشيط الكربون الطرق الاتية :-

١. استخدام مواد حامضية أو قلوية أو مذيبة للشوائب التي تم حجزها علي الكربون ، وفي هذه الطريقة يمرر المحلول أو المذيب المستخدم علي طبقة أو خلال الكربون المنشط في عكس اتجاه المياه اثناء التشغيل العادي .وبعد انتهاء عملية التنشيط يتم تصريف ما بقي من محلول من طبقة الكربون ويتم تنظيف الكربون بالمياه ويعاد استعماله .

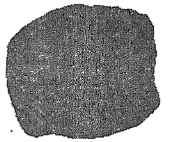
٢. استخدام مادة مؤكسدة رطبة لتنشيط الكربون.

٣. التنشيط الحراري بالبخار او التسخين.

والشكل التالي يبين الفرق بين الكربون قبل تنشيطه والكربون بعد عملية التنشيط اذ يتميز الكربون المنشط بانه يمكن ان يتم الامتزازعلي سطحه لوجود مسام نشطة علي سطحه تكونت بفعل عملية التنشيط ، بينما يخلو الكربون الخام من هذه المسام النشطة .



كربون بعد عملية التنشيط (منشط)



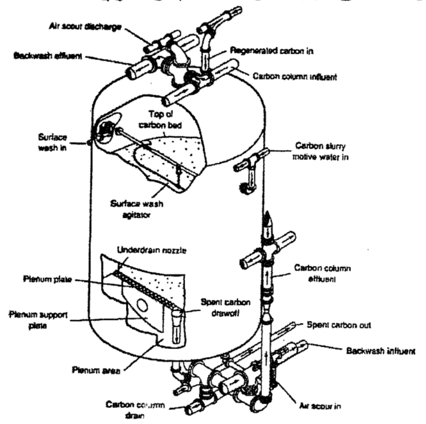
كربون خام غير منشط

ويتم التنشيط الحراري علي ثلاث مراحل :-

أ- التجفيف عند درجة حرارة حوالي من ١٠٠ الي ١٢٠ مئوية وتستمر هذه العملية من ١٥ الي ٢٠ دقيقة لتمام تجفيف الكربون مما تبقي فيه من مياه .

ب- تعريض المواد والمركبات العضوية المحجوزة بـالكربون الـي ألانحـلال الحراري عند درجة حرارة ٨٠٠ مئوية وتستغرق هذه العملية ١٠ دقـائق ، يـتم خلالها تحلل المواد المحجوزة حراريا وتطاير الجزء العضبوي منها.

ج- تنشيط الكربون عند درجة حرارة أعلي من ٨٠٠ مئويـة وتسـتغرق هـذه العملية ١٠ دقائق ، يتم خلالها اكسدة المواد المتبقية من المرحلة السابقة ويصـبح الكربون منشطا فى النهاية جاهزا للاستخدام مرة اخرى .



شكل ٣-٢١ نموذج لمفاعل الكربون المنشط الحُبَيبي

ومن المهم ذكر أنه هناك حوالي من ٥ الي ١٠% من الكربون يتلف ويدمر خلال عملية التنشيط بالطريقة الحرارية ويجب تعويضها بكربون منشط جديد خام ، وايضا قدرة أمتزاز الكربون المعاد تنشيطه اقل مـن قـدرة الامتـزاز

للكربون المنشط الجديد الخام.

- في حالة وجود عناصر ثقيلة في مياه الصرف وتم امتزازها علـــي الكربـــون المنشط يكون من الضروري بعد التنشيط غسيل حبيبات الكربون بحامض وذلك لازالة المعادن المتبقية والمكونات المعدنية من سطح حبيبات الكربون وبالتـــالي زيادة نشاط الامتزاز لحبيبات الكربون بالنسبة للمركبات العضوية .

٣-٦. التطهير Disinfection

التطهير هو التدمير والقتل النوعي المنتخب للكائنات المسببة للامراض ، مما يعني ليس كل الكائنات الحية تموت وتدمر خلال هذه العملية ، بينما يعرف التعقيم بانه قتل وتدمير لكل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة الممرضة وغير الممرضة .

لا تسمح عملية ترويب المواد العالقة مع عمليات الترســيب والترشــيح اللاحقــة، وكذلك عملية الكلورة المسبقة للمياه بالحصول على إزالة كاملة للبكتريا الضـــارة، حيث تحافظ حتى ١٠% من البكتريا والفيروسات على حياتها بعد العمليات السابقة. وكذلك لا تسمح عمليات المعالجة المختلفة لمياه الصرف الصحي بالقضـــاء نهائيـــاً على الأحياء الممرضة في هذه المياه. لذلك تعتبر عملية التطهير هي العملية النهائية اللازمة لتحضير مياه الشرب وكذلك لمعالجة مياه الصرف الصحي قبل طرحها إلى المجتمعات المائية الطبيعية أو استخدامها للأغراض المختلفة.

في مجال معالجة المياه والمخلفات السائلة فهناك ثلاث مجموعات رئيسية مســـببة للمرض مصدرها داخل الحيـــوان والانســـان (Human enteric Organisms) وهي البكتريا والفيروسات والطفيليات الاميبية

والمواد المستخدمة في التطهير وهي ما تعرف بالمطهرات لابد ان تكون – امنة في النقل والتداول والتطبيق – وتركيزها في المياه المعالجة يمكن قياسه وتقديره والا تكون هي مصدرا لتلوث البيئة .

ولمعرفة أهمية التطهير لابد من معرفة أهم الكائنات الدقيقة الممرضة التي تتواجد في مياه الصرف المعالجة والامراض التي تسببها للانسان والحيوان.

خصائص المواد المستخدمة في التطهير

لكي تتم عملية التطهير بنجاح لابد ان تتوفر في المواد المطهرة خصائص معينة وأهم الخصائص المطلوب توافرها الاتية :

١. السمية للكائنات الدقيقة الممرضة فلابد ان يكون شديد السمية عند التركيزات الضعيفة ، بحيث ان كميات او تركيزات قليلة من المادة المطهرة تكفي للقضاء علي الكائنات الدقيقة الممرضة الموجودة في المكان المراد تطهيره .
٢. الذوبانية لابد ان يذوب في المياه أو في انسجة خلايا الكائنات الممرضة.
٣. الثبات فقدان قدرته علي الابادة مع الوقت قليل ، اي تستمر قدرته التطهيرية مدة مناسبة تكفي للقضاء علي الممرضات المطلوب التخلص منها .
٤. غير سام للكائنات العليا لابد ان يكون ساما للكائنات الدقيقة وغير سام للكائنات العليا فمثلا عند تطهير ماء الشرب لابد ان تكون مادة التطهير غير سامة للانسان الذي سوف يشرب ذلك الماء .
٥. التجانس اذا كانت المادة المطهرة سوف تستخدم في صورة سائلة فلابد ان يكون المحلول المطهر متجانسا.
٦. التفاعل مع المواد الجانبية لابد ان لا يمتص من المواد العضوية دون الخلايا البكتيرية أو الفيروسية .
٧. السمية عند درجة الحرارة المطلوبة لابد ان يكون فعالا عند درجة لحرارة المناسبة
٨. ٨- القدرة علي الاختراق له القدرة علي اختراق سطح المياه وله القدرة الي الوصول بسهوله للهدف المراد تطهيره.

٩. غير عدواني أو اكول اذ لابد ان تكون مادة التطهير غير عدوانية أو اكولة لا تسبب تاكل للمعادن أو تزيل الوان الانسجة حتي لا تؤدي لتلف بعض المواد اثناء عملية التطهير .

١٠. القدرة علي ازالة الروائح الكريهة له القدرة علي ازالة الراوائح عندما يبدا في التطهير.

١١. أمكانية وسهولة وجوده اذ لابد ان يكون موجودا ومتاحا بسعر معقول ومتوفر بالاسواق .

والجدول التالي يبين الخصائص العامة لعدد من المطهرات مع مقارنة بينها .

جدول٣-١١

يبين المقارنة بين خواص اكثر المطهرات شيوعا في الأستخدام

الخصائص العامة للمطهرات	الخواص المطلوبة / درجة الأستجابة	الكلور	هيبوكلوريت الصوديوم	هيبوكلوريت الكالسيوم	ثاني أكسيد الكلور	الاوزون	الاشعة فوق البنفسجية
السمية لكائنات الدقيقة Toxicity to Microorganisms	لابد ان يكون شديد السمية عند التركيزات الضعيفة	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية	شديد السمية
الذوبانية Solubility	لابد ان يذوب في المياه اوفي انسجة الخلايا	قليل الذوبانية	يذوب جيدا	يذوب جيدا	يذوب جيدا	يذوب جيدا	-
الثبات Stability	فقدان قدرته علي الابادة مع الوقت قليل	ثابت	غير ثابت قليلا	ثابت نسبيا	غير ثابت ويجب انتاجه وتحضيره وقت الحاجة	غير ثابت ويجب انتاجه وقت الحاجة	يجب توليد الاشعة عند الأستخدام

غير سام للكائنات العليا Non toxic to higher forms of life	لابد ان يكون ساما للكائنات الدقيقة وغير سام للكائنات العليا	ضار وسام للكائنات العليا	سام وضار	سام وضار	سام وضار	سام وضار	سام وضار
التجانس Homogeneity	المحلول لابد ان يكون متجانسا ومتماسكا	متجانس	متجانس	متجانس	متجانس	متجانس	-
التفاعل مع المواد الجانبية Interaction with extraneous material	لابد ان لا يمتص من المواد العضوية دون الخلايا البكتيرية	يؤكسد المواد العضوية	مؤكسد قوي نشط	مؤكسد قوي نشط	يتفاعل جيدا مع المواد العضوية	يؤكسد المواد العضوية	يتفاعل قليلا مع المواد العضوية
السمية عند درجة الحرارة المطلوبة Toxicity at ambient temperature	لابد ان يكون فعالا عند درجة لحرارة المناسبة	فعال جدا	فعال جدا	فعال جدا	فعال جدا	فعال جدا	فعال جدا
القدرة علي الاختراق Penetration	له القدرة علي اختراق سطح المياه	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية	يخترق بصورة عالية
Noncorrosive and nonstaining	لا يسبب تاكل للمعادن او يزيل الوان الانسجة والملابس	نشط جدا (اكول)	نشط	نشط	نشط جدا (اكول)	نشط جدا (اكول)	-

لا يزيل اطلاقا	عالي القدرة	عالي القدرة	متوسط القدرة	متوسط القدرة	عالي القدرة	له القدرة علي ازالة الراوائح عندما يبدا في التطهير	Deodorizing ability القدرة علي ازالة الروائح الكريهة
متوسط الي عالي التكلفة	متوسط الي عالي التكلفة	متوسط الي قليل التكلفة	متوسط الي قليل التكلفة	متوسط الي قليل التكلفة	قليل التكلفة	لابد ان يكون موجودا ومتاحا بسعر مناسب وبكمية وفيرة	أمكانية وسهولة وجوده Availability

وسائل وطرق التطهير

ويجري التطهير عادة باستخدام إحدى الطرق التالية :

* العوامل الفيزيائية ومنها الحرارة والضوء.

* العوامل الميكانيكية ومنها التصفية والترسيب والترشيح وغيرها؛ والإشعاع باستخدام أشعة جاما.

* العوامل الكيميائية ومنها الكلور ومركباته والبروم واليود والأوزون والفينول والمركبات الفينولية والكحول والمعادن الثقيلة والأصباغ والصابون والمنظفات الاصطناعية وغيرها .أمّا المواد الأكثر استعمالا فهي الكلور والمواد الكيميائية المؤكسدة.

وتعمل المطهّرات بواحدة أو أكثر من الآليّات التالية :

- إتلاف جدر الخلايا للكائنات الممرضة.
- أو تغيير نفاذيّة الخلايا.
- أو تغيير الطبيعة الغروانية للسيتوبلازم.

- أو منع نشاط الأنزيمات .

وعند استخدام المطهّرات، ينبغي النظر في العوامل التالية :

- وقت التماس بين المطهر والمادة أو الوسط المراد تطهيره.
- تركيز ونوع العامل الكيميائي المطهر والمقصود به الجرعة الفعالة للتطهير وكيفية قيام العامل المطهر بالتطهير .
- قوة ونوع العامل الفيزيائي مثل شدة الاشعاع .
- الحرارة وتاثيرها علي نشاط وفعالية المادة المطهرة .
- عدد وعمر الكائنات الدقيقة الممرضة .
- طبيعة المياه المراد تطهيرها من حيث العكارة والمواد العالقة ودرجة تلوثها

٣-٧. التطهير بالكلور(الكلورة) Chlorination

يعد التطهير بالكلور لمياه الشرب ومياه الصرف الصحي والصرف الصناعي من الطرق الشائعة للتطهير ، والكلور مطهرا جيدا لمخلفات المصانع السائلة مثل مصانع المواد الغذائية والدوائية ومخلفات المدابغ وصناعة الجلود اذا تحتوي هذه المخلفات علي كثير من الملوثات العضوية وكثير من الكائنات الممرضة لذا يجب تطهير المياه المعالجة من تلك المصانع قبل صرفها علي المسطحات المائية أو قبل التخلص منها عامة .

الخواص العامة للكلور

الكلور في حالته الغازية لونه اخضر مصفر ، ووزنه ٢,٥ كرة وزن الهواء ، ويعبأ في اسطوانات كبيرة للأغرض التجارية حيث يكون الكلور بداخلها في صورة سائل مضغوط ووزنه ١,٥ مرة ضعف وزن الماء ، وعند تحرر الكلور من الآسطوانة فانه يتحول الي غاز ، حيث يكون حجم الكلور السائل ٤٥٠ ضعف حجم الكلور الغاز .

الكلور قليل الذوبان فيي الماء وتصل اقصي نسبة ذوبان في الماء الي ١ % عند درجة حرارة ٩,٥ مئوية ، وعند درجة حرارة اقل من ذلك يتحد الكلور مع الماء مكونا مادة بلورية في شكل الثلج . ونظرا لان ضغط غاز الكلور يزيد بارتفاع درجة الحرارة فان الذوبان بالتالي يقل ، فعند درجة حرارة ١٠٠ مئوية لا يذوب الكلور مطلقا في الماء ، وما بين ٩,٥ و ١٠٠ مئوية فان الكلور يذوب بدرجات مختلفة تبعا لدرجة الحرارة ، وما بين هاتين الدرجتين يذوب الكلور في الماء مكونا محلول عدواني من أحماض الهيبوكلورس والهيدروكلوريك والذي يجب الحرص الشديد عند تداوله .

الخواص الكيميائية للكلور

الكلور من الغازات النشطة ففي ظروف معينة يتفاعل الكلور مع معظم المعادن ، وقد يتم التفاعل بسرعة شديدة او بسرعة متوسطة ، والكلور شره جدا للهيدروجين فانه يحل محله في بعض مركباته ، مثال ذلك في حالة التفاعل مع كبريتيد الهيدروجين .

ويتفاعل الكلور مع الأمونيا أو المركبات الاخري المحتوية علي النيتروجين مكونا مركبات مختلفة من الكلورامين .

ويتفاعل الكلور مع كثير من المواد العضوية مكونا مركبات معقدة وقد يصاحب بعضا من هذه التفاعلات انفجار .

الكلور ليس غاز مشتعل او مفرقع مثل الهيدروجين ، ولكن يمكنه تنشيط الاشتعال لمواد معينة ولذا يلزم لتداوله ولتخزينه الابتعاد عن الغازات المضغوطة مثل الأمونيا وكذلك المواد القابلة للاشتعال كالمواد البترولية .

الكلور المذاب في الماء او الكلور الرطب يتفاعل مع المعادن وخاصة الحديد مما يسبب تاكله ويلحظ ذلك في مواسير مياه الشرب المنزلية المصنوعة من الحديد، ولا يؤثر الكلور علي بعض المعادن مثل الذهب والبلاتين والتيتانيوم .

التاثير الفسيولوجي للكلور

غاز الكلور غاز خانق واذا زاد تركيزه عن ٣ جزء في المليون فانه يحس بالأستنشاق ، ويسبب الكلور التهابات جلدية عن تلامسه مع الجلد في وجود رطوبة وايضا يسبب التهابات للجهاز التنفسي واغشية التنفس وذلك طبقا لتركيز الكلور وزمن التعرض له ، وفي الحالات الشديدة يمكن ان يسبب اختناق ثم الوفاة .
وتركيز الكلور السائل يعد موثرا عندما يصل الي ٤٠ مليجرام / لتر لمدة ٣٠ – ٦٠ دقيقة تعرض ، والتركيز الأعلي من ذلك يكون شديد الخطورة ولو كانت مدة التعرض وجيزة.

تفاعلات الكلور مع الماء

عند اضافة الكلور الي ماء نظيف كيميائيا (ليس به مواد عضوية او غير عضوية) فانه يكون محلولا من حمض الهيبوكلورس وحمض الهيدروكلوريك .

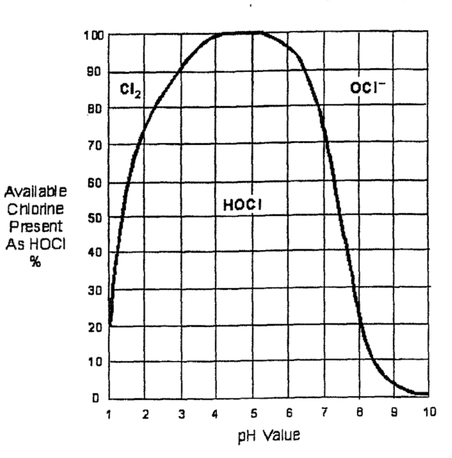
$$CL2 + H2O \rightleftharpoons HOCL + H^{+} CL^{-}$$

تتوقف قوة الأكسدة للكلور وقدرته علي التطهير علي تكون حامض الهيبوكلورس ، وقد يتأين حامض الهيبوكلورس الي الهيدروجين وأيون الهيبوكلوريت وهذا التفاعل عكسي وتتوقف درجة التأين علي الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة
وقد يتأين حامض الهيبوكلورس هو الاخر ليعطي أيون هيدروجين وأيون هيبوكلوريت

$$HOCL \Longleftrightarrow H^{+} + OCl^{-}$$

وكمية كلا من أيون الهيبوكلوريت وحمض الهيبوكلورس في الماء يعطي الكلور المتبقي المتاح ، ومدي انتشار وتوزيع كل من العنصرين في المياه هام جدا لان كفأءة التطهير والقتل لحمض الهيبوكلورس أكبر من ٤٠ الي ٨٠ مرة من أيون الهيبوكلوريت ، لذا فانه من الهام جدا الحصول علي أكبر نسبة من حمض

الهيبوكلورس في المياه عند التطهير بـالكلور عـن طريـق ظـبط قيمـة الآس الهيدروجيني والتحكم في درجة الحرارة .



شكل٣-١٣ رسم بياني يبين توزيع حمض الهيبوكلورس وايون الهيبوكلوريت عند قيم مختلفة للاس الهيدروجيني

والكلور الحر يمكن اضافته للماء من املاح الهيبوكلوريت الصوديوم والكالسيوم

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \longrightarrow 2HOCl + Ca(OH)_2$$

$$NaOCl + H_2O \longrightarrow HOCl + NaOH$$

والهيبوكلوريت المتولد من تفاعل الكلور مع الماء أو الذي يضاف للماء يمكن لهذا الهيبوكلوريت ان يتحلل مائيا مكون حمض الهيدروكلوريك وينطلق أكسجين نشـط مؤكسد قوي يرتبط بمجاميع السلفاهيدريل بالانزيمات ويحولها الي مركبات غيـر

نشطة فتموت البكتريا ، وأيونات الهيبوكلوريت نفسها لها قدرة علي الارتباط بالبروتينات الخلوية مسببة وقف نمو وموت الخلايا البكتريا .

والجدول التالي يبين الصور الغيرعضوية المتعددة للكلور.

جدول٣-١٢

Inorganic forms of chlorine

Acide Form	Formula	Chlorine Valance	Anionic Form	Formula
Hydrogen Chloride	HCL	-1	Chloride	CL^-
Hypochlorous acid	HOCL	+1	Hypochlorite	OCL^-
Chlorous acid	HOCLO	+3	Chlorite	CLO2-
Chloric acid	HCLO3	+5	Chlorate	CLO3-
Perchloric acid	HCLO4	+7	Perchlorate	CLO4-
Other Forms				
Chlorine	Cl2	0		
Dichlorinemonoxide	Cl2O	+1		
Monochloramine	H2NCl	+1		
Dichloramine	HNCl2	+1		
Trichloramine	NCl3	+1		
Chlorine Dioxide	CLO2	+4		

الاثر البيولوجي والكيمائي للكلور في الماء

الاثر البيولوجي

يقضي الكلور علي كثير من الأنواع البكتيرية ، حيث يقضي علي بكتريا الكلوليفورم والبكتريا المسببة للامراض والكائنات الحية الدقيقة .

ويبني التطهير بالكلور لمياه الصرف المعالجة علي اساس الحصول علي كمية محددة من الكلور المتبقي بعد تمام المعلجة للتاكد من صلاحية المياه الناتجة للأستخدام فيما بعد لاغراض شتي دون حدوث تلوث للتربة او المياه الجوفية او المسطحات المائية التي تصرف عليها تلك المياه .

ويمكن تحديد فعالية التطهير باختبار وجود بكتريا الكليفورم ، فان وجدت في

الاختبار دل ذلك علي وجود بكتريا وكائنات دقيقة اخري ممرضة وضارة ، واذا لم توجد بكتريا الكليفورم دل ذلك علي عدم وجود كثير من البكتريا الممرضة وفاعلية عملية التطهير .

الهدف من إضافة الكلور لتطهير مياه الشرب المعالجة هو تحقيق الاتي:

١ – قتل مسببات الأمراض .

٢ – أكسدة الحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين.

٣ – التخلص من بعض المواد التى تسبب لون أو طعم للمياه.

٤ – التحكم فى إعداد الطحالب الداخلة فى عملية المياه.

٥ – يساعد على تحسين عملية الترويب .

الاثر الكيميائي

الكلور عامل مؤكسد قوي فهو يؤكسد الحديد والمنجنيز ومركبات الكبريت ويتحد مع الأمونيا مكونا الكلورامين ومع النتروجين العضوي مكونا الكلورامين العضوي ويكون مركبات الكلور الاخري .

<u>الكلورين المستهلك والمتبقي</u>

الكلورين المستهلك Chlorine Demand

عندما يضاف الكلور الي الماء فان جزء منه يتفاعل مع المركبات الموجودة في المياه ، وهذا الجزء يعرف بالكلور المستهلك ،وتتوقف كمية الكلور المستهلك علي كثير من العوامل المذكورة سابقا ولكن كمية وتركيز وطبيعة المركبات الموجودة في المياه هي المحددة لكمية الكلور المستهلك .

<u>الكلور المتبقي Chlorine Residual</u>

بعد تفاعل مع المركبات الموجودة في المياه يتبقي جزء اخر في المياه يعرف بالكلور المتبقي

وتتوقف كمية الكلور المتبقي في المياه علي العوامل الأتية :

ا- درجة الحرارة

ب- الوقت الذي مر بعد اضافة الكلور

ج – كمية الكيماويات والشوائب الموجودة في المياه

د- جرعة الكلور

الكلور المتبقي = الكلور المتبقي الحر + الكلور المتبقي المتحد

الكلور المتبقي الحر Free Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في المياه علي صورة حرة علي هيئة حمض الهيبوكلورس والذي ينتج من تفاعل الكلور مع الماء

الكلور المتبقي المتحد Combined Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في الماء علي هيئة مركبات للكلور مع الأمونيا التي توجد اصلا في الماء او تضاف لي الماء قبل اضافة الكلور .

الكلور المتبقي المتحد له قدرة أكسدة اقل من الكلور المتبقي الحر وكذلك قدرة اقل في التطهير وقتل الكائنات الحية الدقيقة ، حيث يلزم ما يعادل ٢٥ ضعف من الكلور المتبقي المتحد للحصول علي نفس النتيجة تحت الظروف المتساوية من الحرارة والرقم الهيدروجيني وزمن التلامس والمكث .

الكلور الحر المتبقي ونقطة الانكسار (التكسر)

يعتمد مفهوم الكلور الحر المتبقى بالمياه على إضافة كميات من الكلور كافية لأكسدة كل المواد العضوية ، الحديد ، المنجنيز والمواد المختزلة الأخرى الموجودة بالمياه المعالجة حتى يكون الكلور المتبقى حراً غير متحد بأى من المواد الموجودة بالمياه أو مكونا الكلورامين . ومن المعلوم أن الكلور المتحد والكلورامين أقل كفاءة فى تعقيم المياه من الكلور الحر .

ويمكن التوصل إلى الكلور الحر بإضافه الكلور بكميات زائدة إلى أن يظهر الكلور الحر ويتم الكشف عليه بطريقة (الأرثوتوليدين الارسنيت) . ونقطة

الانكسار هى النقطة التى يلاحظ فيها انخفاض مفاجىء فى نسبه الكلــور المتبقــى نتيجة لتفاعل الكلور مع الأمونيا بالمياه والتى تؤدى إلــى أكسـدة كـل الامونيـا الموجودة بالمياه وبالتالى يظهر الكلور الحر تدريجيا ليحل محل الكلــور المتحـد والكلورامين

أماكن اضافة جرعة الكلور

– يمكن اضافة جرعة الكلور بصفة مؤقتة وبجرعة دقيقة محسوبة فـي الامــاكن التي تزداد فيها الروائح الكريهة في شبكة المجاري حيث يتفاعل الكلور مع الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين ويقلل من تأثيره في تأكل الشبكة .

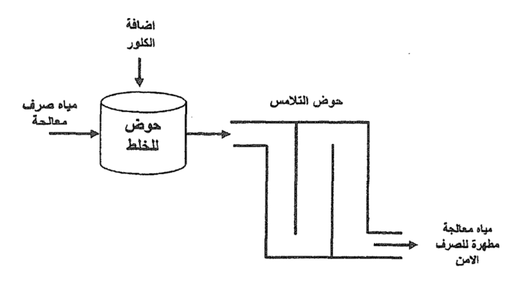
– يمكن اضافة جرعات من الكلور في مدخل المعالجــة للــتخلص مــن البكتريـا اللاهوائية وقتلها لاعطاء فرصة لنشاط ونمو البكتريا الهوائية بعد مرحلة التهويــة الاولية.

ويجب ان تكون هذه الجرعات مقننة ودقيقة وذلك لان الجرعات الزائدة يمكــن ان تقتل ايضا البكتريا الهوائية اللازمة لعملية المعالجة البيولوجية ، حيث ان الجرعات الزائدة تترك كلورا متبقيا يمكنه قتل البكتريا الهوائية .

– قد يضاف الكلور في مراحل المعالجة المختلفة للتخلص من بعــض الكائنــات الدقيقة الغير مرغوب فيها في عملية المعالجة البيولوجية مثــل مشــاكل الكائنــات الخيطية والتي قد تكون بتركيزات كبيرة جدا يلزم اضافة الكلور للتخلص منها .

وايضا إضافة الكلور لتقليل تأثير مياه المجاري علي وحدات وأجهزة المعالجــة ولمعالجة الحمأة المتعفنة والغير قابلة للترسيب في المروقات الثانوية ، وايضا لقتل يرقات الذباب التي تتوالد في بعض مراحل المعالجة .

– يجب إضافة الكلور الي المياه المعالجة في المرحلة الاخيرة قبل صرفها الــي المسطحات المائية مثل المصارف والأنهار، ويجب مراقبة الكلور الزائد المتبقــي والحفاظ علي تركيزه في حدود ٠,٥ جزء من المليون .



شكل ٣-١٤رسم تخطيطي لوحدة تطهير بالكلور(وحدة كلورة)

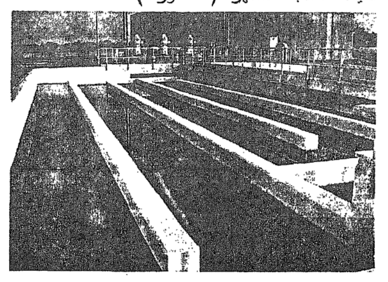
ويتضح من شكل وحدة التطهير انها تتكون من

١ .نقطة ضخ وإضافة الكلور الي مياه الصرف .

٢.حوض الخلط حيث يلتقي الكلور مع مياه الصرف ويتم خلطهما في هذا الحوض.

٣.حوض التلامس أو غرفة تلامس الكلور وفيها يحدث تلامس للكلور مع مياه الصرف لمدة تتراوح بين ٢٠ الي ٣٠ دقيقة، تخرج بعدها المياه وقد تم تطهيرها .

٤.نقطة صرف المياه المعالجة المطهرة (المكلورة).



صورة لاحد احواض التلامس المستخدم للتطهير

معالجة المخلفات السائلة بالكلور

يستخدم الكلور في التخلص من الروائح الموجودة في المياه المعالجة قبل صـــرفها الي المسطحات المائية وذلك للتخلص من البكتريا الضارة ، والكلور المستخدم قد يضاف الي المياه المعالجة معالجة ابتدائية أو الي المياه المعالجة ثانويا او ثلاثيا .

ويبين الجدول التالي الجرعات المطلوبة من الكلور لتطهير مياه المخلفات السائلة.

جدول ٣-١٣

درجة معالجة المخلفات السائلة	تركيز الكلور اللازم لتطهير المخلفات السائلة
مخلفات سائلة بعد المصافي	٦ -٢٤ مليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترسيب	٣ - ١٨ مليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترسيب الكيمائي	٣ - ١٢ مليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترشيح	٣ - ٩ مليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد عملية الحمأة المنشطة	٣ - ٩ مليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد المرشحات البيولوجية	٣-١٠ مليجرام / لتر
مخلفات سائلة بعد الترشيح الرملي	١ - ٦ مليجرام / لتر

وبالرغم من ان للكلور تأثير فعال في قتل البكتريا، الا ان تأثيره محدود في تخفيض الأكسجين الحيوي المستهلك ، فقد وجد انه لانقاص الأكسجين الحيوي المستهلك في المخلفات الخام بنسبة ٣٥ % نحتاج الي تركيز كلور يتراوح ما بـــين ١٠٠ الــــي ٣٠٠ مجم/لتر .

عيوب استخدام الكلور في تطهير مياه الصرف الصحي

في بحث قدمه الدكتور المهندس بسام العجي جامعة دمشق – كلية الهندسة المدنية

يعتبر التطهير بالكلور (الكلورة) من الوسائل الفعالة للقضاء علي الكائنات الممرضة، ومنع انتشار الاوبئة والامراض التي يمكن ان تنتقل خلال المياه الملوثة والتي تسببها الكائنات الحية الدقيقة الممرضة.

ومن اشهر تلك الامراض واشدها ضررا علي الأنسان التيفود والكوليرا والالتهاب الكبدي الوبائي والسل والالتهاب السحائي ، حيث يعدالكلور فعالا للقضاء علي اغلب تلك الكائنات الممرضة ، بينما يعد الكلور قليل التاثير علي بعض انواع المكورات التي تنتج الجراثيم وبعض الانواع التي تسبب الباراتيفود .

ولقد ظلت طريقة التطهير بالكلور لفترة طويلة اكثر الطرق انتشارا في حماية الصحة العامة من خطر الاصابة بالامراض التي يمكن ان تنتقل خلال المياه الملوثة ، ويستخدم الكلور بجرعات عالية نسبيا لضمان امن عملية التطهير لمياه الصرف الصحي قبل صرفها علي المجاري المائية الطبيعية او قبل استخدامها في الري والزراعة.

ويؤدي استخدام جرعات عالية من الكلور الي وصول كميات كبيرة من الكلور الحر المتبقي الي المسطحات المائية ، وهذا الكلور المتبقي يمكن ان يتفاعل مع بعض المواد العضوية الموجودة في الموارد المائية مكونا مركبات هالوجينية ذات طبيعة سامة .

بالاضافة الي ان الكلور المتبقي ومركباته المتحدة تشكل تهديدا خطيرا لاشكال الحياه المختلفة الموجودة في تلك المجاري المائية اسفل مصبات محطات المعالجة علي تلك المجاري ، ويتمثل ذلك في تهديد الثروة السمكية والتي تكون حساسة لمركبات الكلور المختلفة فوجود الكلور يقلل من قدرتها علي امتصاص الاكسجين الذائب في المياه وبالتالي يؤثر علي حياتها وقد يؤدي الي نفوق كميات كبيرة من تلك الاسماك .

وهناك تاثيرا سلبيا اخري لوجود مركبات الكلور علي الحياة الميكروبيولوجية مما يخل بالتوازن البيئي في المجري المائي .

وتتعلق درجة سمية مياه الصرف الصحي الخاضعة لعملية الكلورة بتركيز الامونيا في تلك المياه ، حيث يتحد الكلور الموجود بالامونيا مكونا مركبات الكلورامينات والتي يعتقد انها مركبات سرطانية ، وايضا تفاعلات الكلور مع المواد العضوية مكونا مركبات عضوية كلورينية لها تاثير سام وسرطاني عند تراكمها داخل الكائنات المائية كالاسماك وبالتالي يمكن ان يتعرض لها الأنسان باستهلاكه لتلك الكائنات .

تتعلق درجة سمية مياه الصرف الصحي الخاضعة لعملية الكلورة بتركيز الأمونيا في هذه المياه قبل إخضاعها للتطهير بالكلور الفعال، حيث يشكل الكلور مع الأمونيا المتواجد عادة في مياه الصرف الصحي اتحادات الكلور أمين. تعتبر اتحادات الكلور أمين مفاعلات تطهير سيئة نسبياً، فحتى نتمكن من الحصول على فعالية تطهير للكلور أمينات مشابهة لفعالية تطهير الكلور الفعال لابد من زيادة كلاً من جرعة الكلور الأولية وفترة التماس لهذه الاتحادات مع المياه، إضافة إلى أن تواجد الأمونيا في مياه الصرف الصحي يخفض بشكل كبير جداً من إمكانية تواجد HOCl ضمن قيم pH الشائعة لمياه الصرف الصحي، كما أن الكلور أمينات مركبات قاتلة للأسماك حتى في حالات القيم المنخفضة جداً لتراكيزها المتبقية في المياه.

يشكل الكلور الفعال مع بقايا المواد العضوية المتواجدة في مياه الصرف الصحي اتحادات الكلور العضوية ذات الصفات السمية. تعيق هذه الاتحادات عمليات التحلل البيوكيميائي في المياه الطبيعية، وتعتبر اتحادات الكلور العضوية مركبات غير ثابتة في هذه المياه مما يعقد من مشاكل تواجدها في المياه الطبيعية.

يعتقد أن اتحادات الكلور العضوية مركبات مستوطنة مما يخفض بشكل كبير من تراكيزها المسموحة في المياه المخصصة للأغراض المنزلية، كما أن تواجد هذه الاتحادات في مياه المصادر الطبيعية المخصصة للإمداد المائي المركزي يعقد بشكل كبير من تكنولوجيا التنقية المائية ويرفع بشكل كبير من التكاليف الإنشائية والاستثمارية لمحطة التنقية.

تتشكل اتحادات الكلور العضوية بتواجد كميات منخفضة من الكلور الفعال لا تزيد عن ١% من كمية الكلور الأولية المضافة إلى المياه، حيث تحتوي أغلب هذه الاتحادات على ذرة كلور واحدة فقط في جزيئها.

كل ذلك قاد الباحثين إلى دراسة طرق بديلة للتطهير بالكلور الفعال (وخصوصاً عند تطهير مياه الصرف الصحي) كالتطهير باستخدام ديوكسيد الكلور أو كلوريد البروم أو الأوزون أو إلحاق عمليات الكلورة بعمليات إزالة الكلور (Dechlorination).

وقد أظهرت الدراسات التي أجرتها وكالة Task Force EPA الأمريكية المتخصصة في هذا المجال أن المفاعلات السابقة تعتبر وسائل فعالة في تطهير مياه الصرف الصحي وذات سمية أقل من الكلور الفعال.

ولكن ارتفاع تكاليف وسائل التطهير الاخري كالاوزون والاشعة البنفسجية في تطهير الكميات الكبيرة من مياه الصرف الصحي هو الذي يجعل كثير من الدول تقبل علي استخدام الكلور في التطهير كبديل رخيص نسبيا .

ومن هنا يلزم ظبط جرعات الكلورالمضافة لمياه الصرف الصحي حتي لا نحصل علي تركيزات زائدة لها تاثير ضار علي البيئة وعلي الأنسان .

٣-٨. نزع الكلور Dechlorination

ينبغي نزع رواسب الكلور من مياه الصرف المعالَجة بالكلور قبل إعادة استخدامها أو صرفها في المياه المستقبِلة . وتتفاعل مركبات الكلور مع عدد كبير من المركبات العضوية في مياه الصرف، منتجة مركباتٍ سامة غير مرغوب فيها، ومحدثة آثارًا سلبية طويلة الأجل على البيئة المائية والكائنات الحية الدقيقة فيها .ويمكن نزع الكلور باستخدام الكربون المنشط أو بإضافة عامل اختزال، كثاني أكسيد الكبريت وكبريتات الصوديوم (غير أنّ نزع الكلور لا يزيل المخلفات الثانويّة السامة التي تكون قد أنتجت سابقًا).

وتستخدم لازالة الكلور مواد كيميائية تسمي مزيلات الكلور وهي مواد مختزلة ويعد سلفيت الصوديوم Na_2S من المواد الفعالة الجيدة في إزالة الكلور وكما قد يستخدم ثيوسلفات الصوديوم $Na_2S_2O_3$ أو الفحم المنشط لذلك والجدول التالي يبين بعض المواد المستخدمة كمزيلات للكلور والتركيزات المطلوبة لذلك.

جدول ٣-١٤

المادة	جزء مطلوب لازالة جزء من الكلور	القلوية المستهلكة ككربونات الكالسيوم مجم /لتر
سلفيت الصوديوم Na_2S	١,٤٦	١,٣٨
ثيوسلفات الصوديوم $Na_2S_2O_3$	١,٧٧	١,٣٨
ثاني اكسيد الكبريت SO_2	٠,٩	٢,٨
الفحم المنشط	٠,٠٨٥	٢,١

والمعادلات الأتية توضح تفاعلات نزع الكلور بواسطة بعض المواد المختزلة .

$$SO_2 + Cl_2 + 2H_2O \longrightarrow 2HCL + H_2SO_4$$
$$Na_2SO_3 + Cl_2 + 2H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HCL$$
$$Na_2S_2O_3 + Cl_2 \longrightarrow Na_2S_4O_6 + 2NaCl$$

الباب الرابع

المعالجة الفيزيائية والكيميائية للرواسب الصلبة (الحمأة)

الباب الرابع
المعالجة الفيزيائية والكيميائية
للرواسب الصلبة (الحمأة)

مقدمة

تنتج عن عمليات معالجة المخلفات السائلة مواد صلبة ، حيث تنفصل هذه المواد الصلبة بكميات كبيرة عن المخلفات السائلة .ومن هنا نبعت ضرورة التخلص من المواد الصلبة والتي تعرف بالحمأة والمواد السائلة والتي تعرف بالمياه المعالجة كلاً علي حدة . والمواد الصلبة التي انفصلت عن المياه السائلة تتجمع اما في أحواض الترسيب الأبتدائي او في أحواض الترسيب النهائي علي هيئة حمأة اي رواسب تحتوي علي نسبة عالية من المياه قد تصل من ٩٣% الي ٩٨ % من الوزن الكلي للحمأة . وسبب احتواء الحمأةعلي نسبة مواد صلبة قليلة هو احتواء مياه المجاري الخام اصلا علي نسبة صغيرة من المواد الصلبة من ٠,١ % الي ٠,٢ % من الوزن الكلي للمياه

وهذه الحمأة ما تحتوي علي اعداد هائلة من الكائنات الدقيقة الممرضة وغير الممرضة وقد تحتوي علي بعض العناصر الثقيلة السامة ، ولذلك فهي تمثل خطرا علي الصحة العامة ويلزم التخلص منها بطرق امنة صحيا وبيئيا ، وذلك قبل تجفيفها او بما تحتويه من مياه او بعد تجفيفها . وعموما يفضل معالجة الحمأة قبل التخلص منها بهدف تحسين حالتها وهضمها وزيادة قابليتها للتجفيف في أحواض التجفيف او للترشيح (اي زيادة قابلية فصل المواد الصلبة عن المواد السائلة).

وتستخدم عمليات التثخين (التركيز) والتجهيز ونزع المياه والتجفيف اساس في في تخليص الحمأة من كبيرة من المياه الموجودة بها . وتستخدم عمليات الهضم

والكمر والحرق واكسدة الهواء الرطب والمفاعلات والانابيب الراسية في تجهيز وتثبيت المادة العضوية في الحمأة .

وفيما يلي تعريف الحمأة وانواعها:

الحمأة

المقصود بالحمأة هو المادة الصلبةالمتخلفة المترسبة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحي . ويمكن أستخدام الحمأة في كثير من الأغراض منها استخدامها كمخصب للارض الزراعية بشرط مطابقتها للمعايير البيئية والصحية.

الحمأة الأبتدائية Primary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الأبتدائي ذات لون رمادي غامق يميل للاسود وهي خفيفة القوام كريهة الرائحة وتحتوي علي مواد عضوية ذائبة وعالقة وعلي العديد من الكائنات الممرضة Pathogens مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات.

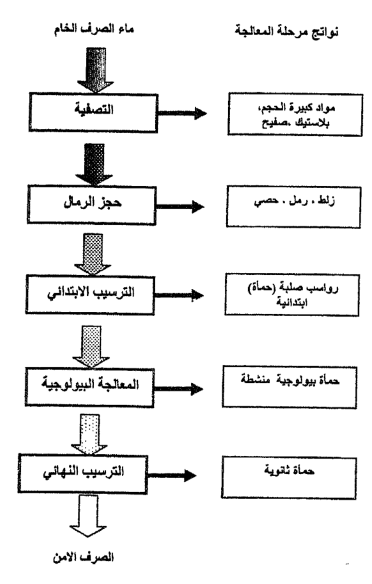
الحمأة الثانوية Secondary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الثانوي وهي ذات لون بني خفيفة القوام تحتوي علي كتل بيولوجية والعديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات وتسمي ايضا الحمأة البيولوجية حيث انها نتجت بعد مراحل معالجة بيولوجية.

الحمأة الأمنة

هي الحمأة التي يمكن تداولها وأستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة ، وامنة تماما للانسان والحيوان ، وحتي تكون الحمأة امنة يجب ان يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الأمنة المسموح بها ، وان يتم خفض محتوي الكائنات الممرضة بها للحدود الأمنة وذلك بمعالجتها وتثبيتها قبل تداولها .

والشكل التالي يبين مراحل معالجة مياه الصرف الصحي في احد المشروعات وتولد انواع الحمأة المختلفة من كل مرحلة.



شكل ٤-١ مراحل معالجة مياه الصرف الصحي وتولد انواع الحمأة المختلفة

وهناك مراحل متتالية لمعالجة الحمأة يمكن إختيار بعضها لنظام المعالجة ويتوقف ذلك على عدة عوامل مختلفة منها:

١.خواص الحمأة وتشمل خواص الحمأة في الاحتفاظ بالماء وطبيعتها الخطرة أو الغير خطرة .

٢.محتوي الحمأة من المواد الصلبة.

٣.الموقع الجغرافى والمناخى للمنطقة ،

٤. درجة المعالجة المطلوبة للحمأة ،

٣.نوعية إستخدام الحمأة المجففة ،

٤.الظروف البيئية لكل منطقة.

٥.القوانين المنظمة للتخلص من الحمأة ،

٦.النواحى الإقتصادية.

والجدول التالي يوضح كافة العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجيةالخاصة بمعالجة الحمأة والتخلص منها

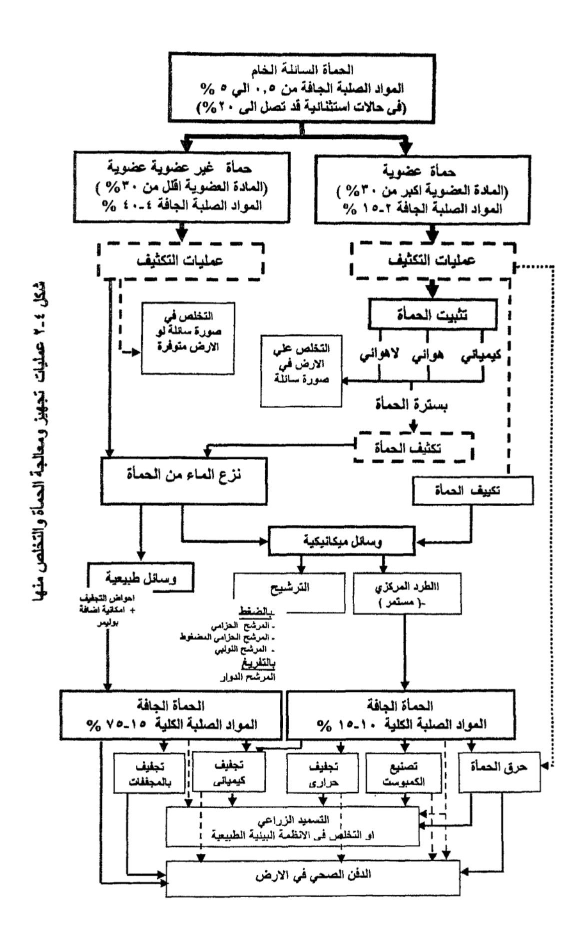
جدول ٤-١

عمليات وطرق معالجة الحمأة

طرق المعالجة ووظيفتها **Processing or Disposal function**	وحدات وطرق المعالجة **Unit Operation, Unit Process or Treatment Methods**
العمليات التمهيدية **Preliminary Operations**	**Sludge Pumping** ضخ الحمأة **Sludge Grinding**طحن الحمأة **Sludge Blending and** خلط وتخزين الحمأة **Storage**
التغليظ والتكثيف**Thickening**	**Gravity Thickening** التكثيف بالجاذبية **Floating Thickening** التكثيف بالطفو **Centrifugation** التكثيف بالطرد المركزي **Thickening** **Rotary drum** التكثيف بالاسطوانات الدورانية **Thickening**

Lime stabilization التثبيت بالصودا Heat treatment المعالجة الحرارية Aerobic digestion الهضم الهوائي Anaerobic digestion الهضم اللاهوائي Compositing التحويل لمركبات ثابتة	Stabilization التثبيت
Vacuum filter (التجفيف بالترشيح (بتفريغ الهواء Centrifugation التجفيف بالطرد المركزي Belt press filtersالتجفيف بالمرشحات المضغوطة Drying bedsالتجفيف بأحواض تجفيف الحمأة التجفيف في البرك والبحيرات	التجفيف ونزع الماء Dewatering
Dryer variations التجفيف بالمجففات المتغيرة Multiple التجفيف بالمجففات متعددة المراحل والتاثير effect evaporators	Heat dryingالتجفيف الحراري
Pasteurizationالتطهير الجزئي Long – term التطهير بالتخزين الطويل الممتد Storage	التعقيم وتطهير الحمأة Disinfections
Chemical Conditioning التجهيز الكيماني Heat Treatment المعالجة الحرارية	ظبط وتجهيز الحمأة Conditioning
Land Aapplication القاؤها وفردها في الأرض Distribution and التوزيع والتسويق بالبيع marketing Landfill شحن الأرض Lagooning القاؤها في البحيرات Chemical fixation التثبيت الكيماني	التخلص النهائي من الحمأة Sludge disposal

والشكل التالي هو لمخطط يشرح كافة العمليات الممكنة التي تحدث للرواسب الصلبة المتولدة من محطات الصرف الصحي من معالجة وتثبيت وتكييف والتخلص والاستخدام ويبدأ من مرحلة تولد الحمأة الخام السائلة من أحواض الترسيب الابتدائي والنهائي الي استخدام الحمأة النهائي في التسميد أو التخلص الامن صحيا وبيئيا في المسطحات المائية أو علي الأرض .



شكل ٤-٢ عمليات تجهيز ومعالجة الحمأة والتخلص منها

٤-٩. العمليات التمهيدية لتجهيز الحمأة للمعالجة والتثبيت

تعتبر العمليات الأولية مثل طحن الحمأة وإزالة الرمال والخلط والتخزين من العمليات الضرورية من اجل تجهيز الحمأة لادخالها علي معدات معالجة الحمأة في شكل منتظم متجانس نسبيا ، ويمكن اتمام عمليتي الخلط والتخزين في وحدة واحدة مصممة للقيام بعمليتين أو اتمام كل عملية علي حدة في وحدات المحطة المختلفة .

١. طحن الحمأة Sludge Grinding

ويتم فيها تقطيع القطع الكبيرة والاجزاء الخيطية والالياف الموجودة بالحمأة الي قطع صغيرة لمنع انسداد المعدات والتفاف قطع الحمأة حولها .

٢. ازالة الرمال والحصي من الحمأة Sand and grit Removal

في بعض المحطات التي لا تستخدم معدات أو وحدات منفصلة لازالة الحصي قبل احواض الترسيب الابتدائي أو التي تحتوي علي وحدات لازالة الرمال ولكنها غير ملائمة لتحمل مستويات التدفق العالية أو احمال الحصي المرتفعة . فأنه من الضروري إزالة الرمال والحصي كحل عملي حين يتطلب الامر مزيدا من التثخين للحمأة الاولية .

وايضا تراكم الرمال والحصي في احواض التركيز واحواض التخمير (الهضم اللاهوائي) يسبب مشاكل كبيرة يصعب حلها فيما بعد (احواض الهضم اللاهوائي تصمم لتبقي عشرون عاما دون تفريغها وتراكم الرمال يعمل علي ملئها سريعا وتوقفها عن العمل فيما بعد لصعوبة تقليبها مع وجود الرمال) .

وافضل الطرق لازالة الحصي والرمال من الحمأة هو عن طريق استخدام الطرد المركزي في نظام تدفق من اجل فصل حبيبات الحصي والرمال من الحمأة العضوية ويتم هذا الفصل من خلال فاصل الرمال الدوار cyclone degritter الذي لا يحتوي علي اجزاء متحركة .

٣. خلط الحمأة Sludge Blending

يتم خلط الحمأة من اجل تكوين خليط متجانس وهذا مهم في انظمة الزمن القصير للاستبقاء مثل عملية نزع لمياه من الحمأة والمعالجة الحرارية والحرق ، ويجب ادخال حمأة ذات قوام متجانس وجيد الخلط الي وحدات المعالجة لزيادة كفاءة التشغيل ويتم خلط الحمأة من المراحل الاولية والثانوية المتقدمة بطرق عديدة :

- في أحواض الترسيب الابتدائي
- في الانابيب
- في معدات معالجة الحمأة التي لها زمن بقاء طويل
- في حوض منفصل للخلط

وعادة يتم تزويد احواض الخلط بالقلابات الميكانيكية والحواجز للحصول على الخلط الجيد .

٤- تخزين الحمأة Sludge Storage

يجب تخزين الحمأة من اجل تقليل الاضطرابات في معدل انتاج الحمأة ولاتاحة الفرصة لتراكم الحمأة اثناء توقف تشغيل وحدات معالجة الحمأة . وتاتي اهمية تخزين الحمأة في تثبيت معدل ادخال الحمأة بالنسبة للعمليات الاتية :

- التثبيت باضافة الجير
- المعالجة الحرارية
- نزع المياه الميكانيكي
- التجفيف
- الاختزال الحراري

وفي الوحدات الصغيرة الحجم تم تخزين الحمأة عادة في أحواض الترسيب والتخمير ، اما في الوحدات الكبيرة الحجم التي لا تستخدم المخمرات الهوائية او اللاهوائية فيتم تخزين الحمأة غالبا في أحواض خلط وتخزين منفصلة . ويمكن

تغيير حجم الحوض ليتم استبقاء الحمأة لمدة ساعات وحتي عدة أيام واذا تم تخزين الحمأة لاكثر من يومين او ثلاثة فانها تفسد ويصعب تجفيفها .

٥- غسيل الحمأة

تعد عملية غسيل الحمأة من العمليات التمهيدية التي تسبق عمليات التجفيف والتثبيت وتحسن من خواص الحمأة الداخلة لهذه العمليات ، وتتلخص هذه الطريقة في اضافة ماء نظيف نسبيا الي الحمأة (قد يستخدم الماء الناتج عن المعالجة النهائية Effluent

وتكون كمية الماء النظيف ضعفين كمية الحمأة المراد غسلها ، بعد إضافة الماء تترك الحمأة لتترسب في قاع الحوض ، بينما يخرج الماء من أعلي الحوض .

وتتم العملية بمزج الماء مع الحمأة لمدة عشرة دقائق في الحوض اما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط ثم يترك الخليط لترسب المواد العالقة الي القاع .

وقد تصل نسبة الحمأة الي المواد المضافي من ١ : ١,٥ الي ١ : ٤,٥ .

فوائد عملية غسيل الحمأة :

- تصفية الحمأة من المواد الذائبة وتحسين تركيب دقائق الحمأة.
- عدم الاحتياج الي أستعمال كميات كبيرة من الجير مع كلوريد الحديديك أو الاستغناء عن الجير تماما .
- خفض حوالي ٥٥ الي ٧٥ % من كمية كلوريد الحديديك المستخدم في عمليات المعالجة الكيميائية للحمأة.
- زيادة قابلية الحمأة للترشيح وللتجفيف بسهولة.
- خفض نسبة المواد غير العضوية مثل المواد الرمادية في الحمأة المجففة

٤-٢. العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة الحمأة

٤-٢-١. أولا عمليات تكثيف الحمأة

عملية التكثيف هي تركيز الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الأبتدائية والنهائية في أحواض خاصة تسمي أحواض التكثيف (التركيز) أو المكثفات Sludge Thickening Tanks

وتحتوي المياه المنصرفة من أحواض الترسيب علي ٩٥ الي ٩٧ % ماء من وزنها وهذا يؤدي الي تكاليف كبيرة في ضخها أو نقلها للتخلص منها لذلك تستعمل وحدات التركيز للتخلص من جزء كبير من من الماء . فالغرض الآساسي من أستعمال وحدات التركيز هو التخلص من بعض المياه الموجودة في الحمأة وتحويلها الي حمأة ذات تركيز من ٥ الي ٧ % وهذا يسهل عملية التشغيل وتخفيض تكاليف التخلص من الرواسب .

وتبني فكرة التركيز علي ترك الحمأة داخل المكثفات لساعات يتم فيها ترسيب الحمأة بفعل الجاذبية الأرضية

وكما ذكرنا فان المقصود بعملية تكثيف الحمأة هو رفع نسبة المواد الصلبة فيها وتؤدّي زيادة بسيطة في محتوى المواد الصلبة (من ٣ إلى ٦) في المائة إلى تقليص هام في حجم الحمأة (حتى ٥٠ في المائة)، وبالتالي تقليص الحجم المطلوب لوحدات المعالجة اللاحقة .

ويجري تكثيف الحمأة عادة بطرق فيزيائية منها الترسيب بفعل الجاذبية والتعويم والفرز بالطرد أو النبذ . ويوضح الجدول التالي الطرق الفيزيائية لتكثيف الحمأة.

جدول ٤ – ٢

وصف التكنولوجيات الشائعة لتكثيف الحمأة

نسبة تركيز المواد الصلبة %	وصف الطريقة	طريقة التكثيف
٤-٦	يشبه التكثيف بالجاذبية حوض الترسيب الدائري التقليدي . وتدخل الحمأة المخففة إلى بئر التغذية وتترك لتترسّب وترصّ قبل سح بها من أسفل الحوض .وتكشط الحمأة بأوتاد عمودية بهدف تحريكها بلطف والمساعدة على تكثيفها عبر إطلاق الغاز والمياه المحبوسة داخلها . وتضخ الحمأة المكثفة إلى هاضمات أو معدات نزح المياه بينما يعاد الطفو إلى منشأة المنبع في محطة المعالجة أو إلى خزّان الترسيب الأولي . وهذه الطريقة أكثر فعالية للحمأة الأولية.	التكثيف بالجاذبية
٣,٥-٥	يستخدم التعويم بالهواء المذاب لتكثيف الحمأة الناجمة عن عمليات المعالجة البيولوجية ذات النمو المعلق . وتتضمّن إدخال الهواء إلى محلول الحمأة المضغوطة .وعندما يزال الضغط عن محلول الحمأة، يرتفع الهواء المذاب فقاقيع صغيرة حاملة معها الحمأة إلى السطح حيث تكشط.	التعويم
٤-٦ ٨-١٠	تستخدم اجهزة الطرد المركزي لتكثيف ونزح المياه من نفايات الحمأة المنشطة .وتتضمّن ترسيب جسيمات الحمأة تحت تأثير قوى الفرز الطاردة . وهناك نوعان أساسيان من الفرّازات الطاردة هي الحوض الصلب والسلة غير المثقبة. •تتألف الفرّازة الطاردة ذات الحوض الصلب من حوض طويل أفقي ومتدرّج من نهاية واحدة .وتدخل الحمأة باستمرار وتتركز المواد الصلبة على المحيط •تتألف الفرّازة الطاردة ذات السلة غير المثقبة من حوض عمودي ٨ إلى ١٠ في المائة دوّار يعمل بتقطع . وتتجمّع المواد الصلبة على حائط الحوض بينما يصفق السائل.	الطرد المركزي
٣-٦	يتألف هذا النوع من المكثفات من حزام ثقلي متحرك فوق اسطوانات تقودها وحدة قيادة متعددة السرعات .	الحزام الثقلي

	وتستخدم لتكثيف الحمأة الخام والحمأة المهضومة بعد تكييفها بإضافة البوليمرات . وتدخل الحمأة المكيّفة إلى علبة ثمّ توزّع بطريقة متساوية على عرض الحزام المتحرّك. وعندما ترشح المياه عبر الحزام، تحمل الحمأة إلى طرف الصرف للمكثف.	
الاسطوانة الدوّارة	يتألف هذا النوع من المكثفات من نظام تكييف لنفايات الحمأة المنشطة ومصافٍ أسطوانية دوارة .وفي المرحلة الأولى، تمزج البوليمرات مع الحمأة الرقيقة في اسطوانة التكييف ثمّ تمرّر إلى المصافي الأسطوانية الدوّرة التي تفصل المواد الصلبة المتلبّدة من المياه.	٥-٩
المصدر : Metcalf and Eddy Inc., Wastewater engineering, 3rd ed.		

١- وحدات تكثيف الحمأة بالجاذبية Gravity Thickener

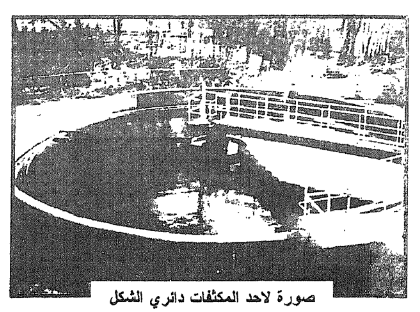
وحوض التكثيف أو المكثف يشبه في تركيبه حوض الترسيب العادي ، فهو دائري المسقط الافقي وله قاع مخروطي الشكل – وتدخل الحمأة الي مركز الحوض بمعدل يتراوح من ٢٠ الي ٤٠ متر مكعب لكل متر مربع من سطح الحوض يوميا .

ويحتوي الحوض علي اذرع تدور ببطء شديد وتخرج الحمأة المركزة من راس القاع المخروطي بينما يخرج السائل الذي يطفو علي سطح الحمأة المركزة عن طريق هدار بطول سطح الحوض .

والحمأة المركزة الخارجة من هذا الحوض تحتوي علي ٥ الي ٧ % مواد صلبة ومن هذه المواد الصلبة حوالي ٧٥ % مواد عضوية وينتج من عملية تكثيف الحمأة خفض الحجم الكلي للحمأة الي ٧٠ % من حجمها الاصلي .

والمياه السائلة التي تخرج من حوض التكثيف تحتوي علي ١٠٠ الي ١٥٠ جزء من المليون من المواد الصلبة ، بينما يكون الأكسجين الحيوي المستهلك حوالي ٢٠٠ جزء في المليون ، وتعاد هذه المياه الي أحواض الترسيب الأبتدائي أو الي

أحواض التهوية في حالة عدم وجود أحواض ترسيب ابتدائي وذلك لتمـــر خـــلال مراحل المعالجة مختلطة بالمخلفات السائلة .



صورة لاحد المكثفات دائري الشكل

وبالرغم من وحدات التركيز تشبه الي حد كبير المروقات الا انها تختلف عنها من نواحي كثيرة منها :

١. ان حجم وحدة التركيز او المكثف أقل بكثير من حجم المروق لكي لا يســـمح بتخزين كمية كبيرة من الحمأة التي يراد تركيزها وتكون عرضة للتعفن .

٢. ان درجة ميل القاع لوحدة التركيز نحو الوسط اكثر من درجة ميل قاع المروق

٣. مكان تجميع الحمأة في الوسط أكبر حجما بالمقارنة بالمروق .

٤. ان كاسح الحمأة مزود بمحرك قوي لأمكانية كسح الحمـــأة الاكثـــر تركيـــزا وكثافة.

٥ . توجد عوارض مثبتة رأسيا علي كاسح ويصل ارتفاعها تقريبا الي منتصـــف عمق المكثف ، والغرض من هذه العوارض هو تحريك محتويات الوحدة لتســـهيل خروج فقاعات الغازات وبذلك يسمح للمواد الثقيلة بالرسوب .

والجدول التالي يبين كفأءة عملية التكثيف في المكثفات التي تعمل بتاثير الجاذبية

جدول ٤-٣

كفأءة عملية التكثيف

نوع الحماة Sludge type	المياه المغذية للمكثف Feed Concentration TS	الحماة المتكثفة الناتجة Underflow Concentration TS%	المياه السائلة الناتجة Overflow concentration mg/l	حجم الحماة SVR Sludge Volume ratio (days)
حماة الترسيب الأبتدائي Primary sludge	0.3-1.0	5.0 – 8.0	150 – 200	-
الحمأة الزائدة المنصرفة Waste Activated Sludge	1.2	5.6	140	3
حماة الترسيب الأبتدائي + الحمأة الزائدة (المنصرفة) Primary sludge+ Waste Activated Sludge	0.3	7.8	156	-

ملحوظة

نسبة حجم الحماة = حجم طبقة الحماة بالمكثف / حجم الحماة المتكثفة المزالة من المكثف يوميا.

SVR Sludge Volume Ratio (days) = Volume of the sludge blanket / Volume of thickened sludge removed daily

عوامل واسس تصميم وحدات التكثيف بالجاذبية

هناك عوامل تتحكم في تصميم وحدات التكثيف بالجاذبية وهذه العوامل تختلف عن عوامل تصميم المروقات وذلك لاختلاف حجم المكثف بالمقارنة بالمروق واختلاف مدة بقاء الحمأة داخل الأحواض .

وعموما يتم تصميم أحواض تكثيف الحمأة إعتماداً على العوامل الآتية:

ـ مدة بقاء الحمأة فى الحوض (مدة المكث) وتتراوح بين (١ ـ ٢) يوم •

ـ معدل التحميل السطحى الهيدروليكى الذى يتراوح بين ٢٠ إلى ٣٥ م٣ /م٢ / يوم •

ـ الحمل العضوى ويختلف بإختلاف وحدات المعالجة كمايلى :

١٠٠ـ ١٥٠) كجم مواد صلبة / م٢ / يوم (حمأة مجمعة من أحواض ترسيب إبتدائى • (٥٠ ـ ٦٠) كجم مواد صلبة / م٢ / يوم (حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب مرشحات بيولوجية (٢٠ـ ٣٠) كجم مواد صلبة / م٢ / يوم حمأة مجمعة من أحواض ترسيب نهائية تعقب أحواض حمأة منشطة • ٥٠ ـ ٦٠) كجم مواد صلبة / م٢ / يوم (حمأة مجمعة من أحواض ترسيب إبتدائية + حمأة مجمعة من أحواض ترسب نهائية تعقب أحواض حمأة منشطة •

العوامل التي تؤثر علي كفاءة تركيز الحمأة بالجاذبية

أ- مدي انتظام دخول وخروج الماء من حوض التكثيف

وهو من العوامل الهامة فان عدم انتظام دخول وخروج المياه يمكن ان يؤدي الي حدوث دوامات وتيارات ثانوية عند منطقتي المدخل والمخرج ، وهذه التيارات تحد من عملية ترسيب المواد العالقة ، كما أن عدم انتظام توزيع المياه في المدخل وتجميعها في المخرج بكامل قطاع الحوض قد ينتج عنه مناطق راكدة في أنحاء الحوض Dead Zones مما يحد من السعة الفعالة للحوض ومن ثم يحد من مكوث الماء في الحوض ، وبالتالي يقلل من كفاءة الترسيب .

ولذلك من الواجب مراعاة تصميم كل من المدخل والمخرج بحيث يضمن انتظـــام توزيع المياه وتجميعها وعدم تواجد المناطق الراكدة.

ب- نوعية الحمأة التي تم سحبها من المروقات

نوعية الحمأة التي تم سحبها من المروقات وكمية الخبث بها ففي الوقت الـــذي تكون فيه الحمأة الأبتدائية اكثر كثافة لثقل الجزئيات المكونة لها وسهولة ترســـيبها تكون الحمأة الثانوية أقل كثافة وتحتاج الي مدة مكث اطول لأتمام ترســـيبها هـــذا بالاضافة الي ان الخبث عادة يكون خفيف الوزن وكثرة كمية الماء المستعملة فـــي دفعه تسبب تخفيف الخليط الداخل الي المكثف .

ج- ازدياد عمر الحمأة المراد تركيزها يؤدي الي تحللها بواسطة البكتريا وبـــذلك تتفتت الاجزاء لكبيرة منها بالاضافة الي ان فقاعات الغـــازات المتولـــدة تلتصـــق بالاجزاء المتعفنة وتعمل كعوامات طافية يصعب معها الرسوب الي القاع .

د- ازدياد فترة المكوث

إزدياد فترة المكوث في الوحدة يزيد من كفاءة التركيز ولكن يمكن ان يؤدي ذلـــك الـــي نقص واستهلاك الأكسجين الذائب وتوقف نشاط البكتريا الهوائية وتبدا البكتريا اللاهوائية في النشاط والنمو مسببة تحللا لاهوائيا للمواد العضوية مما يؤدي الي تعفنها.

ر- احتواء الحمأة علي تركيزات عالية من المواد الصلبة المتطايرة

زيادة المواد الصلبة المتطايرة في الحمأة تعمل علي إعاقة عملية الترسيب بالجاذبية لانخفاض الكثافة النوعية للجزيئات المكونة للحمأة .

ل- المعالجة الكيميائية المسبقة للحمأة

الكيماويات مثل برمنجانات البوتاسيوم وكلوريد الحديديك والبوليمرات تحسن مـــن كفاءة الترسيب بالجاذبية عند معالجة الحمأة بها معالجة مسبقة اولية.

و- الارتفاع في درجة الحرارة

يساعد علي تخفيف اللزوجة وزيادة كفاءة الترسيب ولذلك يمكن سحب الحمأة المركزة اكثر تكررا في الصيف منه اثناء الشتاء .

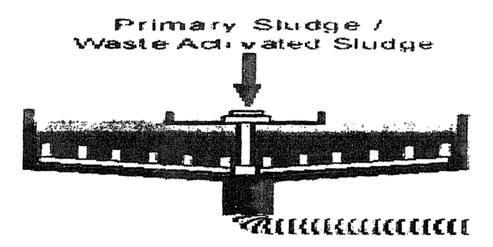
ي - زيادة الحمولة علي وحدة التركيز

يقلل من كفأءة تشغيلها لزيادة المواد العالقة ، فيجب م ملاحظة تحميل الوحدة في حدود الطاقة التصميمية لها .

الملاحظة البصرية لمكثف الحمأة

يجب مراقبة حوض التكثيف بصريا وذلك لمعرفة أية ظواهر غريبة قد تتواجد علي سطح الحوض كتصاعد بعض من المواد العالقة أو تصاعد فقاعات أو غازات أو كتل طافية من الحمأة .لذا يجب أن يقوم طاقم التشغيل بفحص روتيني وملاحظة بصرية جيدة للمكثف وتتمثل المراقبة البصرية للمكثف في ملاحظة الظواهر الأتية:

- هل هناك انبعاث لروائح كريهة جدا من المكثف.
- هل تتصاعد كرات من الحمأة الي سطح المكثف مصحوبة بغازات.
- هل تخرج كميات كبيرة من الحمأة علي محيط هدار المكثف مع المياه .
- هل هناك كتل طافية فوق سطح المكثف.



صورة توضح عملية التكثيف بالجاذبية للحماة الابتدائية

طريقة تشغيل وحدة التكثيف بالجاذبية

ان عملية تشغيل وحدة التكثيف الجيدة تهدف الي جعل الوحدة تعمل بكامل طاقتها وبكفاءة عالية مما يساعد علي تلافي مشاكل التشغيل العادية وحل المشاكل الغير تقليدية بسهولة بالاضافة الي اطالة عمر الوحدة من خلال المحافظة الجيدة علي المعدات الميكانيكية والكهربية لها من خلال التشغيل الجيد. وتتمثل طريقة التشغيل الجيدة في النقاط الاتية :

١- قبل البدء في ضخ الحمأة التي يراد تركيزها يتم التاكد من نظافة الحوض وخلوه من اية مواد غريبة .

٢- تأكد من ان جميع عمليات الصيانة الوقائية من تشحيم وتغيير زيوت ودهانات وإصلاح ارضيات أو جدران خرسانية قد تمت .

٣- افحص جميع اجزاء الوحدة من كاسح الرواسب والعوارض الراسية المثبتة عليه وتأكد من الكاسحة الكاوتشوك سليمة وغير متاكلة ومثبتة جيدا وملاصقة للارضية .

٤- تاكد من ان جميع فتحات دخول وخروج المياه نظيفة وليس بها اية معوقات أو شوائب تعوق سير المياه ، وتاكد ايضا من البوابات التي تتحكم في الوحدة ستعمل بسهولة في الفتح والقفل .

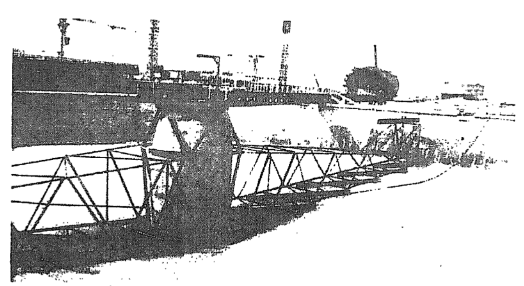
٥- افحص مفاتيح توصيل الكهرباء وتأكد من ان المواتير جاهزة للعمل قبل توصيل الكهرباء

٦- قم بتشغيل وحدة كسح الرواسب وراقب كيفية دورانها خلال دورتين أو ثلاث دورات كاملة ولاحظ عدم وجود اهتزازات أو اصوات غير عادية .

٧- بعد التأكد من نظافة الحوض وكفاءة الاجهزة المركبة به ،تأكد ايضا من ان بوابة سحب الحمأة المركزة مقفولة جيدا ثم افتح بوابة الدخول وابدا في ضخ الحمأة المخففة الي الوحدة .

٨- ابدأ بتصريف الحمأة المركزة الراسبة في القاع بصفة دورية ، ولاحظ ان تصريف الحمأة وهي في تركيز ٨ الي ١٠ في المائة مناسب ولا تترك التركيز يزداد لان الحمأة ذات التركيز العالي اكثر من اللازم ستزيد الحمل علي وحدة الكسح وربما لا تقوي علي العمل وتتوقف ، وفي هذه الحالة نضطر الي تفريغ الوحدة وتنظيفها يدويا وهذا مجهود كبير ويحتاج عدة أيام لانجازه .

٩- من الواجب غسل طلمبات سحب الحمأة المركزة وخط الطرد بعد كل عملية سحب حتي لا تعطي فرصة لتماسك هذه المادة المركزة وتسبب سدد شديد التماسك من الصعب تسليكه بالطرق العادية .



صورة لمكثف بالجاذبية فارغ يبين زحافات كسح الحمأة

<u>بعض الطرق الحسابية لوحدات التكثيف</u>

مثال ١ طريقة حساب كمية الحمأة الناتجة

مثال أحسب كمية الحمأة الناتجة من وحدة تركيز يدخل اليها ٣٤٠٠ متر مكعب يوميا بتركيز ٤٠٠ مجم /لتر مواد عالقة ويخرج منها بتركيز ١٥٠ مجم /لتر مواد عالقة .

كمية المواد العالقة الداخلة= تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام * معدل التحميل (مترمكعب في اليوم)

= ٣٤٠٠ x ٠,٤٠ = ١٣٦٠ كيلوجرام في اليوم

كمية المواد العالقة الخارجة = ٣٤٠٠ x٠,١٥ = ٥١٠ كيلوجرام في اليوم

كمية الحمأة الناتجة = ١٣٦٠-٥١٠ = ٨٥٠ كيلوجرام في اليوم

= ٠,٨٥ متر مكعب يوميا

<u>مثال ٢</u>

أ حسب كفاءة وحدة التركيز اذا كان تركيز الحمأة الداخلة ٣ في المائة والخارجة بتركيز ٦ في المائة .

معامل تركيز الحمأة (كفأءة التركيز) = ٦/٣ = ٢,٠

٢- التكثيف بالطفو (التعويم)

يستخدم التعويم بالهواء المذاب لتكثيف الحمأة الناجمة عن عمليات المعالجة البيولوجية ذات النمو المعلق . وتتضمّن إدخال الهواء إلى محلول الحمأة المضغوطة . وعندما يزال الضغط عن محلول الحمأة، يرتفع الهواء المذاب فقاقيع صغيرة حاملة معها الحمأة إلى السطح حيث تكشط.

وطريقة تكثيف الحمأة بالتعويم بالهواء المذاب قد اثبتت نجاحا في تكثيف الحمأة الناتجة من احواض الترسيب النهائية حيث ان طبيعة الحمأة الخارجة من تلك الأحواض تناسب طريقة التكثيف بالهواء المذاب.

وحدة تكثيف الحمأة بالهواء المذاب

المواد الصلبة أو الرواسب التي تطفو فوق سطح الماء لها جاذبية نوعية اقل من كثافة المياه(كثافة الماء تساوي١,٠) الطفو بالهواء الماب يزيد من معدل فصل الجزيئات والتي لها جاذبية نوعية اقل من ١,٠ بالتصاق فقاعات الهواء الصغيرة جدا بكتل المواد الصلبة جاعلا الفقاعات تطفو فوق سطح السائل.

ونظام الطفو المذاب يتم فيه توليد جزيئات وفقاعات هواء يتراوح قطرها ما بين ٥ الي ١٠٠ ميكرون اي في حجم وقطر شعرة الأنسان أو حبة اللقاح .

الطفو بالهواء المذاب له القدرة علي جعل المواد تطفو والتي لها جاذبية نوعية اكبر من ١,٠ وذلك في حالة ان الجاذبية النوعية لكل من المواد الصلبة وفقاعات الهواء معا اقل من ١,٠ بتلامس الهواء مع المواد المتكتلة.

في هذا النظام يتم ملامسة الهواء لمياه الصرف أو الحمأة القادمة وهذه الملامسة تتم تحت ضغط عالي مما يؤدي الي اذابة الهواء . ويتم خفض الضغط علي سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقاقيع هواء صغيرة جدا تماثل حجم الميكرون وترفع الحمأة الطافية الي سطح المياه حيث يسهل ازالتها وكشطها .

التصاق فقاعات الهواء من خلال المزيج المعلق (المحتوي علي مياه الصرف والرواسب الصلبة – الحمأة) يجعل جزيئات وحبيبات الحمأة تطفو علي السطح نتيجة لتراكم الهواء علي سطح الجزيئات واصطدام الفقاعات المتصاعدة مع الجزيئات العالقة وانحباس فقاعات الهواء الغازية أثناء تصاعدها اسفل الجزيئات وامتزاز الغاز من خلال الكتل الهلامية المتكونة او المترسبة حول فقاعات الهواء . والمزيج المتكون عن اختلاط الهواء بالحمأة والذي يسمي مزيج الهواء / الرواسب الصلبة له جاذبية نوعية (وزن نوعي) اقل من الجاذبية النوعية للمياه بمفردها مما يؤدي الي طفو الحمأة حيث تكفي قوة الطفو للمزيج لرفع جزيئات الحمأة الي سطح المياه وتسمي الحمأة في هذه الحالة بالحمأة الطافية Floated Sludge بينما تنساب المياه رائقة لاسفل وتسمي المياه في هذه الحالة بالمياه المتدفقة لاسفل DAF Under Flow

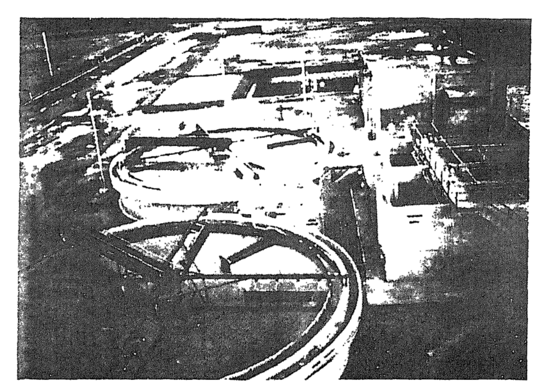
ووحدات التكثيف بالهواء المذاب أما ان تكون دائرية أو مستطيلة والوحدات الدائرية اكثر كفاءة من الوحدات المستطيلة حيث مساحة السطح المسئولة عن توليد فقاعات الهواء تكون اكبر في الوحدات الدائرية عنها في الوحدات المستطيلة بالاضافة الي ان الحمأة المتكثفة الناتجة تكون اكثر كثافة وافضل توزيعا في الوحدات الدائرية.

عمليات تكييف الحمأة التمهيدية بالبوليمرات الكيميائية تؤدي الي زيادة كفاءة وحدات التكثيف بالهواء المذاب وتحسن من اداء تلك الوحدات.

ضغط الهواء في وحدات التكثيف بالهواء المذاب أما ان يكون بالتدفق الكامل للضغط او باعادة التدوير.

يتراوح تركيز المواد الصلبة في الحمأة المتكثفة الطافية Floated Sludge بين ٣,٥ الي ٥ % اي من ٣٥ الي جرام لكل لتر .

المياه الناتجة من وحدات الطفو (المتخلفة عن الحمأة المتركزة) DAF under Flow يكون تركيزها من ٣٠ الي ٢٥٠ مجم / لتر مواد عالقة حسب درجة التكثيف التي تمت .



شكل٤-٣ يبين وحدات معالجة الحماة بالطفو عن طريق الهواء المذاب

مثال لأحد وحدات التكثيف بالهواء المداب DAF

سوف نعطي مثالا لاحد وحدات التكثيف بالهواء المداب المطبقة في احد مشاريع الصرف الصحي في احدي الدول العربية حيث تقوم هذه الوحدة بتكثيف الحمأة الواردة من المروقات النهائية والبيانات التاليه تبين محددات التشغيل لتلك الوحدة :

- كمية الحمأة المنشطة الداخلة الي وحدة التكثيف ١٠٦٩٩٥٠٠كجم يوم عند درجة حرارة ٢٣ مئوية
- تركيز الحمأة المنشطة الداخلة ٣.٢ جرام / لتر
- معدل التدفق ٣٥٧٠.٥ متر مكعب / يوم
- كفأءة التركيز (التكثيف) ٩٠-٩٢ %
- مساحة وحدة الطفو ٣١٥ متر مربع

- الحمل الثقلي ٤,٧٦ كجم / متر مربع / يوم
- الكفاءة = ٣٨ - ٣,٢ ÷ ٣٨ × ١٠٠ = ٩١,٥٧ %
- المياه الناتجة من وحدات الطفو (المتخلفة عن الحمأة المتركزة) DAF under Flow يكون تركيزها من ٣٠ الي ٩٠ مجم / لتر مواد عالقة.
- المياه الناتجة من وحدات الطفو (المتخلفة عن الحمأة المتركزة) تتجمع لتدخل مجري الحمأة العائدة لاحواض التهوية.

٣- التكثيف بالطرد المركزي

تستخدم أجهزة الطرد المركزي لتكثيف ونزح المياه من نفايات الحمأة المنشطة وتتضمّن ترسيب جسيمات الحمأة تحت تأثير قوى الفرز الطاردة.

وتقوم فكرة عمل اجهزة الطرد المركزي علي أن قوة الدوران السريعة للاجهزة تقوم باسراع عملية هبوط المواد الصلبة بالجاذبية. والطرد المركزي يحقق فصل للمواد الصلبة عن المواد السائلة بمعدل اكثر من الف مرة عن الترسيب العادي بالجاذبية اذ يقتصر القوة المؤثرة في الترسيب العادي بالجاذبية عن الاختلاف بين كثافة المواد الصلبة عن السائلة بينما تبلغ قوة الطرد المركزي من ١٠٠٠-٦٠٠ مرة من قوة الترسيب بالجاذبية (التثاقل) .

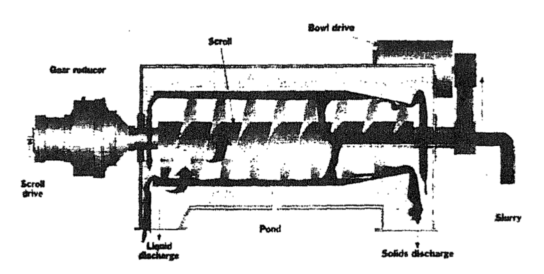
ومن هنا فكفاءة التكثيف بالطرد المركزي تكون اكبر من كفاءة التكثيف العادي بالجاذبية وذلك لاثر قوة الطرد الناشئة عن الدوران في فصل المواد الصلبة عن السائلة . وهناك نوعان أساسيان من الفرّازات الطاردة هي الحوض الصلب والسلة غير المثقبة.

تتألف الفرّازة الطاردة ذات الحوض الصلب من حوض طويل أفقي ومتدرّج من نهاية واحدة .وتدخل الحمأة باستمرار وتتركز المواد الصلبة علي المحيط.

تتألف الفرّازة الطاردة ذات السلة غير المثقبة من حوض عمودي ٨ إلى ١٠ في المائة دوّار يعمل بتقطع . وتتجمّع المواد الصلبة على حائط الحوض بينما يصفق السائل.

وتستخدم اجهزة الطرد المركزي لتكثيف الحمأة الخام والحمأة المهضومة بعد تكييفها بإضافة البوليمرات.

من مميزات التكثيف بقوة الطرد المركزية نسبة الرواسب الصلبة الكبيرة التي يمكن الحصول عليها بالمقارنة مع الطرق الاخري ، ولكن من عيوبها استهلاكها الكبيـــر للطاقة وحاجتها الدائمة للصيانة .



صورة لاحد اجهزة الطرد المركزي المستخدمة لتكثيف وتجفيف الحمأة

الجدول التالي يبين كفاءة الطرد المركزي في معالجة الرواسب الصلبة المنتجة من وحدات معالجة الصرف الصحي.

جدول ٤-٤

كفاءة الطرد المركزي في معالجة الرواسب الصلبة

نوع الرواسب الصلبة	تركيز المواد الصلبة في الحمأة المغذية (الخام) %	تركيز المواد الصلبة في الحمأة المتكثفة (الكيكة Cake %)
الحمأة الابتدائية الغير مهضومة	٤-٨	١٠-١٢
الحمأة الابتدائية الغير مهضومة المضاف اليها بوليمرات	٤-٨	٢٥-٤٠
الحمأة المنصرفة الغير مهضومة المضاف اليها بوليمرات	١-٤	١٦-٢٥
(الحمأة الابتدائية + الحمأة المنصرفة الغير مهضومة) المضاف اليها بوليمرات	٢-٤	٢٥-٣٥
(الحمأة الابتدائية + الحمأة المنصرفة المهضومة هضم هوائي) المضاف اليها بوليمرات	١,٥-٣	١٦-٢٥
(الحمأة الابتدائية + الحمأة المنصرفة المهضومة هضم لاهوائي) المضاف اليها	٢-٤	٢٢-٣٢
الحمأة الابتدائية المهضومة هضما لاهوائيا المضاف اليها بوليمرات	٢-٤	٢٥-٣٥
الحمأة المنصرفة المهضومة هضما هوائيا المضاف اليها بوليمرات	١-٤	١٨-٢١
الحمأة المهضومة هضما هوائيا ذات المعدل الحرارة العالي	٤-٦	٢٠-٢٥
الحمأة المهضومة هضما لاهوائيا ذات المعدل الحرارة العالي	٣-٦	٢٢-٢٨
الحمأة المثبتة بالجير	٤-٦	٢٠-٢٨

Source: Various centrifuge manufacturers; Ireland and Balchunas, 1998; Henderson and Schultz, 1999; Leber and Garvey, 2000.

العوامل المؤثرة علي التكثيف بالطرد المركزي

هناك بعض العوامل التي تؤثر علي عمليات التكثيف بطريقة الطرد المركزي أهمها العوامل الاتية :

١- نوعية الحمأة المراد تكثيفها

لا تستخدم اجهزة الطرد المركزي غالبا لتكثيف الحمأة الابتدائية وذلك نظرا لكثافتها الكبيرة وتواجد بعض المواد كبيرة الحجم بها كالالياف والتي يمكن ان تحدث تخثر ثم أنسداد داخل الاجهزة .والحمأة الثانوية اكثر قبولا لتكثيفها في هذه الاجهزة لانها لا تحتوي علي مواد ليفية او مواد كبيرة الحجم.

٢- عمر الحمأة

لا يؤثر عمر الحمأة علي كفاءة واداء عملية التكثيف بالطرد المركزي ، وايضا مشاكل الحمأة كتضخم الحمأة لا تؤثر علي هذه العمليات .

٤-٢-٢. ثانيا عمليات تثبيت الحمأة

تثبّت الحمأة تمهيدًا لتقليص محتواها من العوامل الممرضة وإزالة الروائح المزعجة وتخفيف أو إزالة احتمال التعفن .وتعرض الفقرات التالية بعض التكنولوجيات المُستخدمة في تثبيت الحمأة.

١- التثبيت بالجير

يضاف الجير إلى الحمأة الغير معالجة فى كميات مناسبة بغرض رفع الأس الأيدروجينى إلى ١٢ أو أكثر. والهدف من ذلك قتل وابادة الكائنات الحية الدقيقة الممرضة ، وبالتالي تخفيف أو إزالة احتمال التعفن وإنبعاث الروائح.

وهناك طريقتان لإضافة الحمأة إما قبل التجفيف أو بعد التجفيف، ويمكن استخدام إما الجير المائى أو الجير الحى فى تثبيت الحمأة كما يمكن استخدام الرماد (Fly Ash) وتراب مداخن الأسمنت (Cement Kiln Dust) كبديل للجير فى بعض الأحيان.

ويعطى التثبيت بالجير بعد التجفيف مزايا هامة بالمقارنة بالتثبيت الجيرى قبل التجفيف ومنها:-

١. يمكن استخدام الجير الجاف وبذلك لا تحتاج إلى إضافة المزيد من الماء إلى الحمأة الجافة.
٢. لا يوجد أى احتياجات خاصة للتجفيف.
٣. التخلص من مشاكل القشور (scaling) وصيانة معدات تجفيف الحمأة بالجير.

وتتراوح كمية الجير المضافة من صفر الي ١٠ % من وزن المواد الصلبة في الحمأة.

٢- التثبيت بكلوريد الحديديك

يضاف الي الحمأة كثير من المواد الكيماوية وذلك بغرض تحسين خواصها وتثبيتها (زيادة قابليتها للترشيح في الأت التجفيف بطريقة خلخلة الهواء ، ومن أمثلة تلك الكيماويات ، حمض الكبريتيك والشبة ومسحوق العظم ، الا ان اكثر المواد أستعمالا حاليا هو كلوريد الحديديك.

وقد يتم استخدام كلوريد الحديديك فقط في تثبيت الحمأة أو يكون مصاحبا للجير في عملية التثبيت . وغالبا يتم ذلك باضافة الجير وكلوريد الحديديك الي الحمأة في أحواض خاصة لمدة عشرون دقيقة تنتقل بعدها الحمأة الي المرشحات لتجفيفها .

وتتراوح كمية كلوريد الحديديك المضافة من ٣ الي ١٠ % من وزن المواد الصلبة في الحمأة.

ومن الفوائد الهامة لاضافة كلوريد الحديديك الي حمأة الصرف الصحي أنه يتم اضافته الي الحيمأة القادمة من وحدات التكثيف قبل دخولها الهاضمات اللاهوائية ليتم تقليل بالاختزال الكميات الناتجة من غاز كبرتيد الهيدروجين (يمكن لغاز كبريتيد الهيدروجين المتراكم ان يتأكسد حيويا داخل الشبكات ويتحول الي حامض

الكبريتيك والذي يسبب تأكل لمواسير الغلايات التي تسخن احواض التخمير وكذلك جميع المواسير التي تمر بها الحمأة بعد ذلك).

٣- التثبيت بالمعالجة الحرارية

خلال هذه العمليّة، تعالج الحمأة بتسخينها في وعاء ضغط لتصل إلى حرارة من ١٩٠ – ٢٦٠ درجة مئوية و ضغط ١,٥ ميجاباسكال لمدة تتراوح بين ٣٠ الى ٤٥ دقيقة ويؤدي تعريض الحمأة لهذه الظروف إلى تحلل المركبات البروتينية وإتلاف الخلايا وإطلاق المركبات العضوية القابلة للذوبان والنتروجين .وتسهم هذه العملية أيضًا في تكييف الحمأة، بما أن النشاط الحراري يُطلق المياه المقيّدة ويؤدّي إلى تخثر المواد الصلبة . وتحتوي المياه المتخلفة عن تسخين وضغط الحمأة علي كثير من المواد العضوية الذائبة التي تحتاج للتثبيت ومن ثم فانه قد يتم تثبيتها في احواض الاكسدة البيولوجية.

والجدير بالذكر ان عملية تسخين الحمأة من العمليات الغير شائعة لارتفاع تكاليف الطاقة المستخدمة في التسخين ، ووجود بعض المشاكل الناتجة عنها مثل تأكل وصدا المعدات بعد فترة من التشغيل.

٤- التثبيت بالهضم اللاهوائي

تتضمّن هذه العمليّة الاختزال اللاهوائي للمواد العضوية في الحمأة عبر نشاط بيولوجي . ويمكن استرجاع الميثان المُنتج وإعادة استخدامه للتسخين والحرق . وهناك خمسة أنواع من الهاضمات اللاهوائية الشائعة الاستخدام هي :

أ- المعدل العادي.

ب- المعدل المرتفع.

ت- الهضم في مرحلتين.

ث- الهضم المنفصل.

ج- الهضم الحراري .

والجدول التالي يبين الانواع الخمسة الشائعة من الهاضمات اللاهوائية

جدول ٤-٥

الهاضمات اللاهوائية الشائعة الاستخدام

نوع الهاضم	وصف الهاضم
المعدل العادي	تتضمن هذه العملية من مرحلة واحدة، تتمّ فيها عمليّات الهضم والتكثيف وتشكيل الطفو . وتضاف الحمأة الخام إلى منطقة الهضم الناشط حيث يسخن بمصدر خارجي . ويحافظ على ظروف معتدلة حراريًا في المفاعل، ويرتفع الغاز الناتج من العملية إلى السطح حاملا معه الشحوم والزيوت.
المعدل المرتفع	في هذه العملية، تكون حمولة المواد الصلبة أكبر من عملية المعدّل العادي، وتمزج الحمأة عبر تمرير الغاز والضخ والمزج الميكانيكي
الهضم في مرحلتين	تتضمّن هذه العملية خزّانين، يستعمل الأول للهضم وفيه معدّات للتسخين والمزج، ويستعمل الثاني لتخزين وتكثيف الحمأة المهضومة ولتشكيل طفو صاف.
الهضم المنفصل	هذه عملية حديثة نسبيًا وتتضمّن الهضم المنفصل للحمأة الأولية والحمأة البيولوجية.
الهضم الحراري	يكون الهضم على حرارة تتراوح بين ٤٩ و ٥٧ درجة مئوية . وتختصّ هذه العملية بمعدّل هضم سريع وإتلاف كبير للبكتيريا ونزح مياه محسّن للحمأ ة .غير أنها تستهلك الكثير من الطاقة وتنتج طفوًا ذا نوعية سيئة وتبعث الروائح.
المصدر :مقتبس من : **Liu and Liptak**	

٥- التثبيت بالهضم الهوائي

يُشبه الهضم الهوائي عملية الحمأة المنشطة، إذ يشمل أكسدة مباشرة للمواد القابلة للتحلل الحيوي والخلايا الميكروبيّة في خزّانات مفتوحة لمدّة طويلة من الزمن . وتكون التهوية إمّا طبيعية أو باستخدام مُهَوّيات ميكانيكيّة . ويستحسن استخدام هذه العمليّة، مثلا، لمعالجة نفايات الحمأة المنشطة .

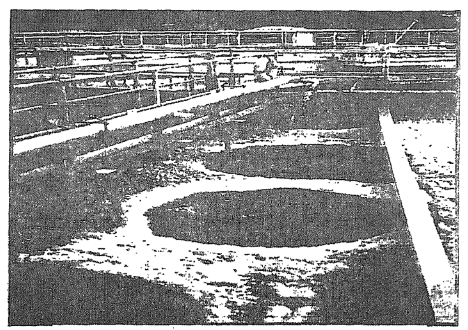
وتستخدم طريقة التثبيت الهوائي للحمأة في محطات المعالجة الصغير ة والمتوسطة ، وأستخدام هذه الطريقة في المحطات الكبيرة غير اقتصادي لا ن الحمأة تحتاج الي التهوية لعدة ايام ويحتاج ذلك الي أحواض تهوية كبيرة الحجم ذات معدلت كبيرة ، حيث ان تهوية الحمأة تتك بنفس طريقة الحمأة المنشطة ، والبكتريا الهوائية تعمل علي أكسدة وتثبيت المواد العضوية بمساعدة الخلط والتقليب في الأحواض ووجود أكسجين ذائب في المياه .

في حالة أستخدام هذه الطريقة في تثبيت الحمأة المنصرفة من أحواض الترسيب الأبتدائي والنهائي معا ، فتحتاج الي تهوية لمدة ١٥ الي ٢٥ يوم لأكسدة ما بها من مواد عضوية ، يمكن بعدها تجفيف الحمأة بسهولة وبدون مشاكل الرائحة .

غالبا يستخدم التثبيت الهوائي لمعالجة الحمأة في الحالات الأتية :-

١. الحمأة الناتجة من طريقة الحمأة المنشطة التقليدية أو المرشحات البيولوجية
٢. خليط من الحمأة الناتجة من الحمأة المنشطة التقليدية و المرشحات البيولوجية وأحواض الترسيب الأبتدائي
٣. الحمأة الناتجة من طريقة الحمأة المنشطة التقليدية والتي ليس بها أحواض ترسيب ابتدائي .
٤. الحمأة الناجمة عن محطات التهوية الممتدّة المصمّمة دون ترسيب أولي .

ولهذه العمليّة محاسن عدة بالمقارنة مع الهضم اللاهوائي، وخاصة لإنتاجها مادة ثابتة حيويًا واسترجاعها لمعظم قيمة السماد في الحمأة وسهولة تشغيلها وكلفة إنشائهامتوسطة وفي المقابل، يتسم تشغيل هذا النوع من الهاضمات بتأثر العملية كثيرًا بالحرارة والموقع ونوع الخزّان.



صورة تبين احد مشاريع مياه الصرف بنظام الهضم الهوائي

٤-٢-٣. ثالثا تكييف الحمأة

يتضمّن التكييف معالجة الحمأة كيميائيًا وفيزيائيًا لتطوير خصائص نزح المياه .ومن أكثر طرق التكييف شيوعًا إضافة المواد الكيميائية والمعالجة الحرارية . ومن الطرق الأخرى للتكييف التجميد والتشعيع.

١- التكييف الكيميائي للحمأة

تعتبر عملية تجهيز وتكييف الحمأة للتجفيف باستخدام الكيماويات عملية اقتصادية لما لها من عائد كبير ومرونة فى الاستخدام إذ يُساعد على خفض الرطوبة في الحمأة من ٩٠-٩٩ في المائة الي ٦٥-٨٥ في المائة ، وذلك عن طريق تخثير الجوامد الصلبة وإطلاق المياه الممتصة.، ويُرافق التكييف الكيميائي الأنظمة الميكانيكية لنزح المياه من الحمأة مثل التجفيف بخلخلة الهواء (vacuum filtration) وبآلة الطرد المركزية centrifugation وبالمرشحات.

.وتستخدم هذه العملية المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية، ومن أكثر المكيّفات غير العضوية استعمالا كلوريد الحديديك والكلس . فكلوريد الحديديك يكــون، عنــد إضافته، مركبات أيونية مذابة ذات شحنة موجبة تعادل الجوامد (المواد الصــلبة) ذات الشحنة السالبة في الحمأة، مما يؤدّي إلى تجمّعها .ويتفاعل كلوريــد الحديــديك أيضًا مع البيكربونات القِلويّة في الحمأة، منتجًا الهيدروكسيد المساعد علــى التلبّــد؛ والكلس الذي يُستخدم عادة مع أملاح الحديد، يتفاعل مع الحمــأة منتجًــا كربونــات الكالسيوم، مما يزيد مساميّة الحمأة ويقلل انضغاطها.

ومن وسائل التهيئة الكيميائية أيضاً استخدام البوليمرات العضــوية ، والبــوليمرات عموماً مركبات طويلة السلاسل تذوب في الماء لتشكل محلولا متغيّر اللزوجة على شكل محلول حيث يلتصق البوليمر الذائب بسطوح دقائق الحمأة مما يــؤدي إلــى ترابطها و تكتّلها، كما يقود أيضاً إلى تعادل الشحنات على سطوح دقائق الحمــأة . وتستخدم البلمرات عادة فى التجفيف بقوى الطرد المركزية أو بالمرشحات السيرية (belt press) ولكنها تستخدم بمعدل أقل فــى الترشــيح بالضــغط أو الترشــيح التفريغى، حيث تستخدم عادة كميات من كلوريد الحديديك والجير من أجل تجهيــز الحمأة قبل التجفيف بالترشيح التفريغى.

اعتبارات هامة لاستخدام الكيمياويات في تكييف الحمأة

إضافة الكيماويات إلى الحمأة يمكن أن يزيد من حجم المواد الصلبة وذلك حســب نوع الكيماويات البوليمرات مثلا لاتزيد فى حجم المواد الصلبة بنسبة عالية، بينمــا يمكن لأملاح الحديد والجير زيادة المواد الصلبة الجافة بنسبة ٢٠-٣٠% والأسهل أن يتم تحديد كميات وإضافة الكيماويات فى شكل سائل وتستخدم أحواض خاصــة لإزالة الكيماويات فى حالة استلامها فى شكل بودرة وفى معظم المحطات يجب أن تستوعب هذه الأحواض الكيماويات التى تحتاجها المحطة خلال لمدة يوم عمل واحد على الأقل ويجب أن يتواجد خزانات بديلة وتكون مصنعة أو مبطنة بمــادة ضــد

التأكل. ومن المواد المناسبة لتبطين الأحواض والمواسير التى تستقبل الأحماض البوليفينيل كلورايد والبولى إثلين والمطاط. ويجب أيضا أن تكون المضخات مصنوعة من مادة مقاومة للتأكل وعادة تكون هذه الطلمبات من نوعية الدفع الإيجابى للتحكم فى سرعة ومعدلات التدفق.

وينبغى الخلط الجيد للحمأة مع المروب بحيث لا يفسد الندف الهلامى (floc) بعد تكوينه وينبغى أيضاً أن يبقى زمن الاستبقاء أقل ما يمكن حتى تصل الحمأة إلى وحدة التجفيف بعد التجهيز مباشرة.

٢- التكييف الحراري

تتضمّن هذه العملية تسخين الحمأة لغاية ١٢٠ -٢٤٠ مئوية في مفاعل بضغط ١٧٢٠-٢٧٦٠ الف نيوتن لكل متر مربع ولمدة تتراوح بين ١٥ الي ٤٠ دقيقة وتؤدّي الحرارة إلى تخثير الجوامد الصلبة وتحليل تركيبها الغرواني وخفض ميل الحمأة للمياه بالاضافة الي قتل الكثير من الكائنات الدقيقة الممرضة المتواجدة بالحمة ، بحيث تنتج حمأة مطهّرة ودون رائحة ومنزوعة المياه .غير أنّ السائل الطافي من وحدة المعالجة الحراريّة قد يحتاج إلى معالجة خاصة قبل تحويله إلى مجرى المياه العادمة بسبب ارتفاع المحتوي العضوي اذ ترتفع قيمة الاكسجين الحيوي المستهلك لهذة المياه. ويعتبر التكييف الحراري للحماة من وسائل تطهير الحمأة الا انه يعد من الطرق المكلفة اقتصاديا لارتفاع تكاليف الطاقة المستخدمة في التسخين.

٤-٢-٤. رابعا التجفيف ونزع الماء من الحمأة

يمكن استخدام طرق عدة لنزح المياه من الحمأة وتجفيفها ، ويتعلق اختيار التقنيّة بخصائص الحمأة والمساحة المتاحة ومتطلبات الصرف النهائي . وعندما تتوفر مساحة الأرض اللازمة وتكون كمّية الحمأة صغيرة، تصبح الأنظمة الطبيعية لنزح

المياه الأكثر ملاءمة . أمّا الأنظمة الميكانيكية فتضمّ المرشّح الخوائي، والفرّازة النابذة (الطرد المركزي)، ومكبس الترشيح، ومِكبس الترشيح الحزامي.

وهناك اربع طرق شائعة للتجفيف وهي كالاتي

١ - التجفيف علي اسطح من الرمال Sand Sludge Drying Beds

٢ - التجفيف بكبس الحمأة في قوالب Sludge Pressing in Cakes

٣- التجفيف بخلخلة الهواء Vacuum Filtration

٤- التجفيف بالمرشحات المضغوطة Belt press Filters

٥- التجفيف بقوة الطرد المركزية Centrifugal Sludge Drying

٦- التجفيف بمرشحات الألواح المرصوصة المجوفة (Filter press)

١ - التجفيف علي اسطح من الرمال Sand Sludge Drying Beds

تستخدم احواض التجفيف كبديل لكثير من طرق تجفيف الحمأة في حالة الحمأة المخمرة فقط وذلك لان إستخدامها للحمأة الغير مخمرة (الغير معالجة) أوالحمأة الجيرية أو الحمأة المحتوية علي نسبة سائل مرتفعة فسينتج عنها روائح كريهة. وبعد التجفيف، تصرف الحمأة في مدفنٍ للقمامة أو تُستعمل مكيفًا للتربة . ويتضمن الجدول التالي الأنواع المختلفة لأحواض تجفيف الحمأة.

جدول ٤-٦

الأنواع المختلفة لأحواض تجفيف الحمأة

أحواض التجفيف	وصف العملية
أحواض التجفيف الرملية التقليدية	تتكوّن أحواض التجفيف الرملية التقليدية من طبقة من الرمل الخشن فوق قاع من الحصى المدرّج تمرّ فيه أنابيب مثقوبة للتصريف. وتوضع الحمأة على الحوض وتترك لتجف بالتبخر والصرف، وتزال الحمأة الجافة يدويًا.
أحواض التجفيف المرصوفة	تشبه أحواض التجفيف المرصوفة الأحواض التقليدية في نظام الصرف . وهناك نوعان من هذه الأحواض : نوع التصريف

	ونوع التصفيق، فالنوع الأول يتضمن تحريك الحمأة لتسهيل نزح المياه وتستخدم محمّلة أمامية لنزع الحمأة، والنوع الثاني أحواض مرصوفة غير نافذة ومنخفضة الكلفة .ويجري تصفيق السائل الطافي وتحريك الحمأة لتحسين التبخر.
أحواض الأسلاك الاسفينية	تبنى هذه الأحواض من وسائط اصطناعية كالفولاذ الغير قابل للصدأ والبولي يوريثان . ويجري التحكم بعملية الصرف عبر صمام في المخرج، بحيث تحسّن عملية نزح المياه.
تجفيف معزّز بالتفريغ	في هذا النظام، تسرّع عمليتا نزح المياه والتجفيف عبر تفريغ الجهة السفلية للمراشح المسامية.
Qasim, S.R., Wastewater treatment plants: planning, design and operation. c2 ed. Lancaster, Pensylvania Technomic Publishing Company,1999.	

أحواض التجفيف

ويلزم لاعداد أحواض التجفيف توفير مساحة من الأرض يتراوح كل منها من ٥ الي ١٠ متر مربع ويتراوح عمقها من متر الي متر ونصف وتزود الأحواض بشبكة من مواسير الصرف المفتوحة الوصلات في القاع ، وتغطي هذه المواسير بطبقة من الزلط بارتفاع ٣٠ الي ٤٠ سم ويكون قطر الزلط من ١ سم الي ٥ سنتيمترات – يعلوها طبقة من الرمل بارتفاع خمسة وعشرون سنتيمترا
وتوزع الحمأة علي هذه الأحواض من قنوات يرتفع قاعها عن سطح الرمل بما لايقل عن خمسة وثلاثون سنتيمترا وتزود بالبوابات اللازمة علي جوانبها ويراعي عدم اندفاع المياه بشدة فوق سطح الرمل حتي لا تسبب الحمأة نحر لطبقة الرمال . والطريقة المتبعة في تجفيف الحمأة علي هذه الأحواض هي ان تفرد الحمأة في هذه الأحواض باعماق ٤٥– ٦٠ سنتيمترا علي ان تترك اسابيع او شهور لتجف بفعل عاملين اساسيين وهما :–

١. تبخر جزء من الماء بفعل الشمس وحرارة الجو (وهذا يعتمد علي المنـاخ ودرجة الحرارة عموما) .

٢. تسرب جزء من المياه خلال الرمل والزلط الي شبكة مواسير الصرف وهذه المياه تكون شديدة التلوث ، ولذا يجب رفعها الي أحواض الترسيب الأبتدائية أو الي أحواض التهوية لتمر خلال عمليات ومراحل المعالجة لتختلط بالمخلفات السائلة وتخرج معها بعد معالجتها .

ويفضل أستعمال احواض التجفيف في المناطق اتي تتوافر فيها مساحات الأرض بتكاليف قليلة وعندما يكون الجو حار وجاف وقليل الأمطار .

ومصر من المناطق الملائمة لأستعمال احواض التجفيف كمرحلة نهائية للتخلص من الحمأة وتعتبر هذه الطريقة اقل تكلفة من طرق كثيرة اخري مثل التجفيف بالضغط او التفريغ او بالقوة الطاردة المركزية وكل ذلك يعتمد علي ماكينات غالية الثمن وتحتاج لصيانة مكلفة ، بالرغم من ذلك تضطر البلاد الباردة والممطرة الي استعمال تلك الطرق معظم شهور السنة لارتفاع ثمن الأراضي وانخفاض درجة الحرارة .

وبالنسبة للمناطق التي ترتفع فيها درجات الحرارة يفضل نشر الحمأة علي هذه الأحواض باعماق صغيرة لا تتجاوز العشرة سنتيمترات وذلك لمنع توالد الذباب قبل تمام جفاف الحمأة ، وتترك الحمأة لتجف عن طريق البخر وتسرب الماء خلال الرمل لمدة لا تزيد عن خمسة ايام صيفا وعشرة ايام شتاء – ثم يعاد نشر كمية اخري من الحمأة في الحوض وهكذا الي ان يصل العمق الكلي للحمأة الي ثلاثون سنتيمترا ومن ثم تزال لاعادة أستعمال الحوض مرة اخري ، علي انه يجب تغطية الحوض بطبقة جديدة من الرمال بعد مضي خمسة ايام من نشرها للحد من توالد الذباب حتي تمام التجفيف ولهذه الطريقة فائدتين

- موت يرقات الذباب الذي يتوالد في كل منطقة نتيجة غمره بالطبقة الجديدة من الرمال مما يسبب اختناقها .

• تخمير المواد العضوية في الحمأة تدريجيا مما ينتج عنه انعدام الرائحة في الحمأة بعد تجفيفها .

المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة

تتوقف المساحة علي:

أ- كمية الحمأة.

ب- نسبة المياه فيها.

ت- درجة حرارة الجو.

ث- طريقة نشر الحمأة في أحواض التجفيف.

شكل ٤-٤ مخطط لاحواض تجفيف الحمأة

العوامل التي تؤثر علي كفاءة احواض التجفيف

هناك العديد من العوامل المؤثرة علي كفاءة عملية التجفيف بعضها خاص بطبيعة الحمأة نفسها والبعض الاخر علي حالة الطقس الموجود فيها أحواض التجفيف بالاضافة الي عوامل خاصة بتشغيل أحواض التجفيف وتتلخص معظم العوامل في الاتي:

أ- نوع الحمأة : بعض جزيئات الحمأة تكون متماسكة بما تحتويه من ماء وفي مثل هذه الحالة تقل سرعة الترشيح ويعتمد علي البخر في التجفيف بعكس

عندما تكون جزيئات الحمأة منفصلة عن الماء فتجف الحمأة بسرعة في فترة اقل.

ب- حالة الجو : تزداد كفأءة أحواض التجفيف في الجو الجاف والحار وتقل كفاءة التجفيف في الجو الممطر والبارد.

ت- عمق طبقة الحمأة علي حوض التجفيف فكلما لزداد عمق طبقة الحمأة تقل درجة جفافها لعدم تعرض جميع الجزيئات للشمس والهواء ولزيادة كفاءة احواض التجفيف في هذه الحاله يجب تقليب الحمأة يدويا أو ميكانيكا لسرعة تجفيفها .

ث- د- تعتمد كفاءة أحواض التجفيف علي طريقة جمع الحمأة فمن الممكن أستعمال طرق جمع ميكانيكية لزيادة كفأءة تشغيل أحواض التجفيف .

طريقة تشغيل أحواض التجفيف

١.- يجب العمل علي تسويه سطح الحوض قبل سحب الحمأة.

٢.- يجب ان تكون لكل حوض عدة فتحات للدخول حتي يكون عمق الحمأة متساوي علي السطح .

٣.- يجب ان يمنع النحر الذي يحدث عند أصطدام الحمأة بسطح طبقة الرمل وذلك بوضع بلاطة عند كل مدخل للحوض تسقط عليها الحمأة قبل انتشارها .

٤.أحواض التجفيف مصدر لتكاثر الذباب بالاضافة الي الروائح الكريهة لذلك اتبع نظام اضافة طبقة ملائمة كل ٤ الي ٦ ايام لقتل يرقات الذباب قبل اكتمال دورة نمو الذباب.

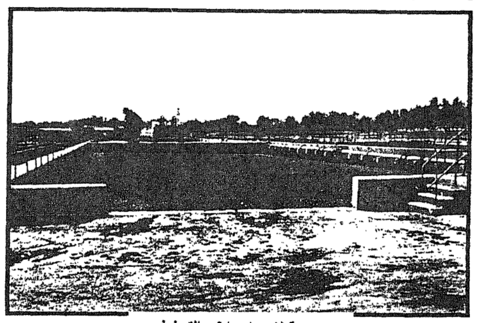
٥.اعمل علي تقليب طبقة الحمأة بصفة دورية حتي يتم تعريض الطبقات السفلي للشمس والهواء لسرعة التجفيف.

٦.يجب رفع الحمأة الجافة عندما تصل درجة الرطوبة ٧٠ في المائة أو اقل حيث ان عملية جمعها عندما تجف أكثر من ذلك يصاحبها كثير من التراب ومن الخبرة يمكن ملاحظة ان بدأ ظهور شقوق في طبقة الحمأة تكون علامة علي جفافها .

٧.يلاحظ ان هناك طبقة من الرمل يفقد في كل مرة تجمع فيها الحمأة بالاضافة الي الانسداد التدريجي الذي يحدث في طبقة الرمل بعد فترة من الأستعمال فلزيادة كفاءة تشغيل أحواض التجفيف يجب إحلال طبقة الرمال بصفة دورية بطبقة رمل جديدة تساعد في سرعة الترشيح.

٨.الحمأة الجافة التي تم تجميعها من علي أحواض التجفيف غير صالحة للاستعمال كسماد الأ بعد تشوينها في اماكن بعيدة عن المساكن حتي يتم نضجها بواسطة عمل البكتريا وتصبح متجانسة ، فالحمأة الغير ناضجة تكون غير متجانسة في اللون أو الملمس ويلزم لتركها فترة لكي تقوم البكتريا بعملها ويجب ملاحظة ان تفاعل البكتريا مع الحمأة قد يولد حرارة كافية لاشعال حريق ولذلك يجب تخزين الحمأة في اماكن بعيدة عن المساكن أو المخازن .

٩. من الضروري مراعاة غسل خط الطرد الذي يحمل الحمأة المركزة حتي لا يتعرض للأنسداد كذلك يجب مراعاة ان صمامات طرد الغازات تعمل لا تسبب الغازات المتولدة بفعل البكتريا من تكسير المواسير .



صورة لاحد احواض التجفيف

اسس تصميم أحواض التجفيف

ــ توزع الحمأة على ثلاث طبقات سمك الطبقة الواحدة من ١٠ ــ ١٥ سم .

ــ مدة المكث (الفترة الزمنية لطبقة الحمأة قبل غمرها بطبقة أخرى) من ٤ إلى ٧ أيام ــ مساحة حوض التجفيف الواحد (١٥٠ ــ ٢٠٠) متر مربع.

ــ يتم إنشاء طرق بين الأحواض لزوم تفريغ وتحميل الحمأة .

ــ يتم إعادة مياه التصريف إلى أحواض الترسيب الإبتدائية أو الي مدخل احواض التهوية .

امثلة عن حساب مساحات احواض التجفيف

مثال١

اذا فرض ان الحمأة ستنشر علي حوض التجفيف مرة كل سبعة ايام علي طبقات سمكها عشرة سنتيمترات ، فاحسب المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة المجمعة اذا علمت الاتي :

كمية الحمأة المجمعة = ١٠ متر مكعب / يوم

اذا المساحة اللازمة = ١٠/٠,١ = ١٠٠ متر مربع / يوم

ولما كانت الحمأة ستنشر علي نفس الحوض مرة كل اسبوع

اذا المساحة الكلية = ١٠٠ × ٧ = ٧٠٠ متر مربع

مثال٢

اوجد المساحة اللازمة لتجفيف الحمأة الناتجة من احواض الترسيب الابتدائي لمدينة سكنية يبلغ سكانها ٣٠٠٠٠٠ نسمة.

كمية الحمأة = لتر واحد / شخص / يوم = ١٠٠٠/١ متر مكعب / شخص / يوم

كمية الحمأة الكلية = ٣٠٠٠٠٠ × ١٠٠٠/١ = ٣٠٠ متر مكعب /يوم

سمك طبقة الحمأة = ٧ سم = ١٠٠/٧= ٠,٠٧ متر

المساحة اللازمة في اليوم = ٣٠٠ / ٠,٠٧= ٤٢٨٥ متر مكعب / متر / يوم =

٤٢٨٥ متر مربع يوم

اذا المساحة الكلية =

٤٢٨٥ x٧ = ٢٩٩٩٥ متر مربع اي حوالي ٣٠ الف متر مربع.

برك الاكسدة

وهي من الطرق التي تستخدم لتركيز وتخزين ومعالجة الحمأة وتتطلب هذه الطريقة توفير مساحة الأرض اللازمة لعمل البركة وكذلك دراسة خصائص مياه الصرف الصحي والأحوال الجوية . ويصل سمك الحمأة في البرك من ٠,٨ -١,٥ متر وتترك ليزداد تركيز المواد الصلبة بالتبخر ويعدها يتم التخلص من المواد الطافية على سطح البركة بالكشط ويُعاد إلى المحطة وبعدها يتم جمع الحمأة بطرق ميكانيكة عندما يصل تركيزها الي ٣٠ % وقد يتم ذلك علي مدي اشهر وقد يتطلب عامين علي الاكثر للدروة الواحدة حسب الظروف المناخية ومعدل البخر من سطح البحيرة . ومن عيوب برك الاكسدة انتشار الروائح الكريهة والذباب حول هذه البرك لذا يفضل انشاءها بعيدا عن العمران في الظهير الصحراوي للمدن . ومن مميزاتها انخفاض تكاليف التشغيل والصيانة وندرة الاعطال ومشاكل.

٢ - التجفيف بكبس الحمأة في قوالب Sludge Pressing in Cakes

ويتم لتجفيف بهذه الطريقة بترشيح المياه من الحمأة بضغطها بين طبقتين من القماش المسامي ، تنفذ منه المياه وتبقي الرواسب علي شكل قوالب فيما بين طبقتين القماش .

علي انه يجب رفع المياه المترسبة من القماش الي أحواض الترسيب الأبتدائية لتعالج مع المخلفات وذلك لشدة تلوثها.

والمرشح المستعمل يتكون من مجموعة من الاقراص المربعة المعدنية المجوفة علي ان يوضع القماش فيما بينها ، وباحد اركان كل قرص ثقب دائري متصل بالفراغ - داخل القرص بفتحة صغيرة - فاذا ما ضمت هذه الاقراص علي

بعضها تكون مجموعة الثقوب ماسورة تضغط فيها الحمأة لتدخل منها خلال الفتحات الي التجويف داخل الاقراص – وتحت الضغط ينفذ الماء خلال القماش فيخرج من فتحة اخري في القرص الي ماسورة المخرج .

ويلزم لزيادة نجاح تشغيل هذه الطريقة ان يسبقها معالجة كيميائية للحمأة بان يضاف اليها من ٣ الي ٥ % من وزنها جير ، كما يلزم ان يصل الضغط الي حوالي ٧,٥ كيلوجرام لكل سنتيمتر مربع .

٣- التجفيف بخلخلة الهواء Vacuum Filtration

ويستخدم فيها مرشح خاص بذلك وهو عبارة عن أسطوانة معدنية مثقبة الجدار ومغلفة بطبقة من اللباد ومقسمة الي قطاعات مستقلة عن بعضها ، وتلف الأسطوانة حول محورها الافقي بحيث يكون جزئها الآسفل مغمورا في حوض الحمأة .

وبواسطة خلخلة الهواء من داخل القطاعات في الجزء الآسفل من الآسطونة تلتصق المواد الصلبة بجدار اللباد بينما تخترق السوائل هذا الجدار ، وتبقي المواد الصلبة ملتصقة بجدار الآسطوانة أثناء دورانها .

وتستمر خلخلة الهواء من داخل القطاعات المختلفة للاسطوانة حتي اذا قارب كل قطاع نهاية دورة كاملة . وقبل ان يعود الي الانغماس الي داخل الحمأة الموجودة في الحوض – يتم وقف عملية خلخلة الهواء داخله ويدفع فيه هواء تحت ضغط بسيط ليقل التصاق الرواسب بالسطح اللبادي للاسطوانة ومن ثم يسهل إزالة طبقة الرواسب من علي سطح الآسطوانة بواسطة الة كاشطة حادة مثبتة بطول الآسطوانة.

وتحتوي الرواسب المزالة علي حوالي ٧٥ % من وزنها ماء وهي احد قصور هذه الطريقة ، حيث يلزم لنجاحها معالجة الحمأة باحد المروبات مثل كلوريد الحديديك بنسبة ٦ – ٨ % من وزن الرواسب الموجودة في الحمأة .

وهذه الطريقة عموما تظل قاصرة علي الكميات الصغيرة والمتوسطة من الحمأة.

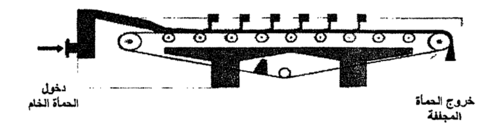
٤- التجفيف بالمرشحات المضغوطة (المرشحات الحزامية) Belt press Filters

تعمل المرشحات السيرية على تجفيف الحمأة بطريقة التغذية المستمرة باستخدام المعالجة الكيميائية (التجهيز الكيمائى) والتصريف بالجاذبية والضغط الميكانيكى. وفى معظم المرشحات السيرية ما يتم إدخال الحمأة المعالجة (المجهزة) إلى منطقة التصريف بالجاذبية حيث يتم تثخينها وفى هذه المنطقة (الوحدة)، يتم التخلص من معظم الماء الحر بفعل الجاذبية.

وفى بعض الأحيان تزود مثل هذه الوحدات بجهاز تفريغ الضغط (vacuum) الذى من شأنه تحسين الصرف وتقليل الروائح الكريهة ويلى هذه المرحلة إدخال الحمأة فى وحدة ضغط منخفض يليها وحدة ضغط عالى حيث تتعرض الحمأة إلى قوة سطحية (Shearing force) عندما تمر السيور خلال سلسلة من الاسطوانات الدوارة.

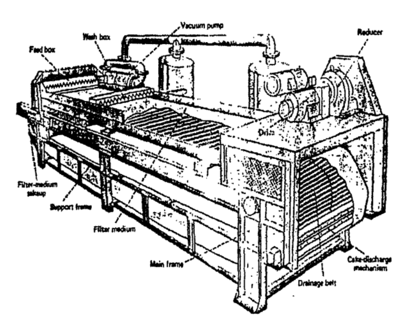
وبذلك فأن القوة السطحية وقوة العصر يساعدان فى التخلص من كميات إضافية من المياه.

ويتم إزالة قوالب الحمأة النهائية المخففة من على السيور من خلال شفرات كاشطة.



شكل ٤-٥ مرشح حزامي لتجفيف الحمأة

ويتكون نظام المرشحات السيرية غالبا من عدة أجزاء: مضخات تغذية الحمأة – معدلت تغذية البلمرات–حوض تجهيز الحمأة – مرشح سيرى – سيور لتحريك الحمأة المجففة – أجزاء مساعدة (مضخات المياه–هواء مضغوط).



صورة لاحد المرشحات السيرية الافقية

<u>مكبس المرشح الحزامي</u>

يستخدم مِكبس الترشيح الحزامي حزامًا واحدًا أو حزامين متحركين لنزح المياه من الحمأة باستمرار. وتتضمّن العمليّة أربع مراحل أساسيّة هي : منطقة التكييف البوليمري، ومنطقة التصريف الثقلي، ومنطقة الضغط المنخفض ومنطقة الضغط المرتفع.

جدول ٤-٧

المراحل التشغيلية لمِكبس الترشيح الحزامي

وصف المرحلة	مرحلة الترشيح
تتضمّن خزّانًا قرب المكبس واسطوانة دوّارة ملتصقة بالمكبس أو محقنة مستقيمة.	منطقة التكييف البوليمري
تتضمّن حزامًا مسطحًا أو مائلا بدرجة صغيرة، وتركز الحمأة عبر التصريف الثقليّ للمياه الجارية، ويمكن تعزيز هذه العملية بالتفريغ.	منطقة التصريف الثقلي
هي المنطقة التي يلتقي فيها الحزام العلوي مع الحزام السفلي وتكون الحمأة بين الحزامين. وتحضّر هذه المنطقة الحمأة بحيث تستطيع تحمّل قوى القص في منطقة الضغط المرتفع.	منطقة الضغط المنخفض
في هذه المرحلة، تبذل حركة الحزامين العلوي والسفلي قوى على الحمأة خلال مرورها عبر مجموعة من الاسطوانات المتناقصة القطر .وتنزع الحمأة المنتجة باستخدام ريَش كاشطة.	منطقة الضغط المرتفع

مِكبس الترشيح

تنزح المياه في مِكبس الترشيح تحت ضغط الحمأ ة .ومن محاسن هذه العمليّة التركيز المرتفع لكتلة الحمأة، وصفاء الرُشاحة، وأسر كمية كبيرة من المواد الصلبة غير أنّ النظام يتسم بالتعقيد الميكانيكي وأرتفاع كلفة التشغيل .ومكابس الترشيح الشائعة الاستخدام هي على حجمين :الحجم الثابت والحجم المتغيّر.

ويتكّون مكبس الترشيح ذو الحجم الثابت من مجموعة ألواح مستطيلة مُسندة وجهًا لوجه في وضعيّة عمودية على قماش مرشح معلق فوق كلّ لوح، وتضخ الحمأة المكيّفة في الفراغ بين الألواح وتعرّض لضغطٍ مرتفع لمدّة تتراوح بين ساعة وثلاث

ساعات، بحيث يخرج السائل عبر القماش وفتحات الخروج في الألواح . وبعد ذلك، تفصل الألواح وتنزع الحمأة .ويشبه مكبس الترشيح المجوّف ذو الحجم.

المتغيّر المكبس ذا الحجم الثابت مع فارقٍ واحد هو أنّ غشاءً مطاطيًا يوضع بين الألواح لخفض حجم كتلة الحمأة خلال الضغط.

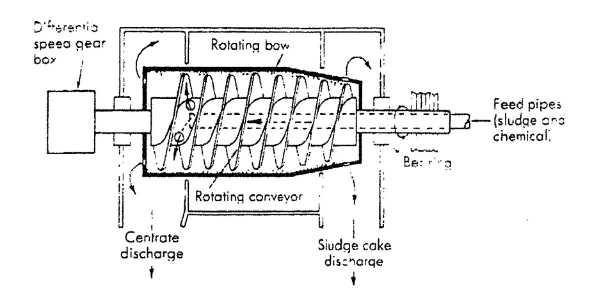
٥- التجفيف بقوة الطرد المركزية Centrifugal Sludge Drying

يستخدم هذا الأسلوب من أجل فصل السوائل ذات الكثافات المختلفة ولتثخين الحمأة وإزالة المواد الصلبة. حيث تستخدم قوة الطرد المركزي لتسريع معدل الترسيب وفصل الماء،والآلات التى تستخدم فى التجفيف بالقوى الطاردة المركزية تكون إما وعاء صلب أو اسطوانة ذات جدران مسامية.

أ- <u>آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب) Solid Bowl Centrifuge</u>

فى داخل هذه الآلة يتم تغذية الوعاء الدوار بالحمأة بمعدل ثابت حيث تنفصل إلى قالب (cake) كثيف يحتوى على المواد الصلبة وسائل مخفف. هذا السائل يحتوى على المواد الصلبة ذات الكثافة المنخفضة ويتم استرجاعه إلى وحدات معالجة مياه الصرف. أما قالب الحمأة الذى يحتوى على نسبة ٧٠-٨٠ % من الرطوبة فيتم إخراجه من الوعاء من خلال مصفاة (Screen seeder) إلى مخروط استقبال (Hopper) أو إلى سيور ناقلة.

وتناسب آلة الطرد المركزية هذه مع تطبيقات عديدة فى تجفيف الحمأة وتتيح الوحدة تجفيف الحمأة بدون أى معالجة كيميائية سابقة ولكن التجهيز بالبلمرات يؤدى إلى تحسين جودة الحمأة المجففة والسائل المخفف.



شكل ٤-٦ آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب)

ب-آلة الطرد المركزية ذات الأسطوانة ذات الثقوب (Imperforated Basket Centrifuge)

يستخدم هذا النوع من الآلات بالذات فى الوحدات الصغيرة الحجم، ويمكن استخدامها لتركيز وتجفيف الحمأة المنشطة بدون تجهيز كيميائى وبقدرة فصل للمواد الصلبة تصل إلى ٩٠%.

وبمجرد ان تمتلئ الاسطوانة بالمواد الصلبة، تبدأ الوحدة بخفض سرعتها وفى حالة التجفيف تتم عملية الكشط قبل البدء فى التقليب والكشط عبارة عن إزالة الحمأة الطرية من الجدار الداخلى للاسطوانة. وعادة يساوى حجم الحمأة المكشوطة ٥٠-١٥% من حجم الاسطوانة ثم يتم بعد ذلك استرجاع الحمأة المكشوطة وإدخالها فى نظام المعالجة.

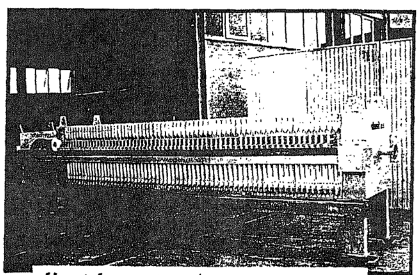
٦- التجفيف بمرشحات الألواح المرصوصة المجوفة (Filter press)

يبين الشكل التالي هذه النوعية من المرشحات النى يتم فيها التجفيف من خلال نزع الماء من الحمأة بالقوة تحت ضغط مرتفع. ومن ميزات هذه المرشحات.

١. التركيز العالى للحمأة المجففة
٢. نقاء الماء المرشح
٣. قوة فصل للمواد الصلبة

وأما العيوب فتتمثل فى :-

١. تعقيد الأجزاء الميكانيكية.
٢. ارتفاع تكلفة الكيماويات.
٣. ارتفاع تكلفة العمالة.
٤. قصر العمر الافتراضى للنسيج المستخدم فى الترشيح.



صورة لاحد المرشحات الألواح المرصوصة المجوفة

وهناك أنواع عديدة من هذه المرشحات من أهمها مرشحات الألواح المجوفة بنوعيها: الحجم الثابت والحجم المتغير.

أ- مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم الثابت:

تتكون هذه المرشحات من سلسلة من الألواح المستطيلة مجوفة من الناحيتين ويتم تثبيتها وجها لوجه فى وضع رأسى على إطار به رأس متحركة وثابتة. ويتم تثبيت

أو تعليق مرشح نسيجي على كل لوح من الألواح ويتم ربط الألواح ببعض بحيث تقوى على تحمل الضغط المرتفع أثناء عملية الترشيح.

وأثناء التشغيل يتم ضخ الحمأة المعنجة كيميائيا فى الفراغ الموجود ما بين الألواح ثم يتم نزع الماء عن طريق وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع يتراوح ما بين ١٠٠-٢٢٥ رطل قدم/بوصة[٢] (١٥٠-٦٩٠ ك ن/م[٢]) لمدة ساعة إلى ثلاث ساعات فيخرج الماء من خلال النسيج المرشح ومجارى الألواح إلى الخارج.

بعدها يتم فصل الألواح وإزالة الحمأة واسترجاع الماء المرشح إلى بداية عمليات المعالجة. ويتراوح سمك قوالب الحمأة المجففة من بوصة إلى بوصة ونصف (٢٥-٣٨مم) وتتراوح نسبة الرطوبة من ٤٨ إلى ٧٠% ويتراوح زمن الدورة الترشيحية من ساعتين إلى خمس ساعات ويشمل الوقت المستغرق فى:

١. ملء المرشح.
٢. وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع.
٣. فتح المرشح.
٤. الغسيل وإزالة الحمأة المجففة.
٥. غلق المرشح.

ب-مرشحات الألواح المجوفة (ذات الحجم المتغير)

هناك نوع آخر من المرشحات يستخدم فى تجفيف الحمأة وهى مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم المتغير وهى شبيهة بالمرشحات ذات الحجم الثابت إلا انه يوضع خلف النسيج الترشيحى حواجز من المطاط. ويتمدد هذا المطاط للحصول على قوة الضغط النهائية، وبذلك يتم تقليص حجم الحمأة الجافة أثناء عملية الكبس.

٧-الوسائل الميكانيكية لتجفيف الحمأة

يستهدف تجفيف الحمأة خفض محتوى المياه لأقلّ من ١٠ في المائة عبر التبخر، بحيث تصبح الحمأة صالحة لتحرق أو لتصنع سمادا .ويجري التجفيف بطريقة

ميكانيكيّة عبر تسخين إضافيّ .ومن عمليّات التجفيف الشائعة الاستخدام : التجفيف الومضي، والتجفيف الرذّيّ، والتجفيف الدوّار، والمتعدّد المَجمَرات.

جدول ٤-٨

الوسائل الميكانيكية لتجفيف الحمأة

نوع التجفيف	وصف العملية
التجفيف الومضي	تسحق الحمأة في طاحونة قفصية أو بتقنية التعليق بالبخ بوجود هواء ساخن.
التجفيف الرذّي	تدخل الحمأة السائلة إلى وعاء طارديّ .تؤدّي القوى الطاردية إلى ترذيذ الحمأة إلى جسيمات صغيرة، ترش في القسم الأعلى من غرفة التجفيف.
التجفيف الدوّار	تتضمّن هذه العملية التسخين المباشر وغير المباشر . ففي التسخين المباشر، تلامس الحمأة غازات ساخنة، بينما في التسخين غير المباشر، تحاط حجرة الحمأة ببخار.
التجفيف المتعدّد المجمَرات	تتضمّن هذه العملية مرور هواء ساخن ومواد اشتعال عبر الحمأة المسحوقة التي تمّ شط باستمرار لإظهار سطوح جديدة.

٤-٢-٥. خامسا تطهير الحمأة

إن مصدر الحمل الوبائي الرئيسي للنفايات الصلبة المتولدة في محطات الصرف الصحي هو البراز الآدمي ، حيث يستطيع الإنسان الواحد أن يصرف إلى المحطة يومياً ما يقدر بـ ٣٠-٦٠ جرام جاف من البراز مما يشكل أكبر مصدر للنفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي، وعليه فإن حملها الوبائي مرتبط بشكل رئيسي بالحالة الصحية للأفراد الذين يصرفون مخلفاتهم إلى المحطة وعليه فإنه لا يمكن الحد من وصول الممرضات إلى المحطة بشكل مباشر ، وعموماً نجد أن الممرضات تتركز في الحمأة بشكل أكبر مما هو عليه في مياه الصرف المولدة لها حيث تتجمع الممرضات وتُمتص على الرواسب.

وتحتوي الحمأة علي كميات متفاوتة من مسببات الامراض مثل الكائنات الدقيقة الممرضة وبويضات الديدان وتختلف تركيز وكمية هذه الممرضات باختلاف طرق

معالجة وتثبيت الحمأة ، فالحمأة المخمرة لاهوائيا بصورة جيدة تحتوي علي نسب قليلة من الممرضات وايضا الحمأة التي تعرضت للمعالجة الحرارية لدرجة حرارة اكثر من ٢٤٠ مئوية تكاد تخلو من الممرضات، كما ان اضافة بعض الكيماويات الي الحمأة في عمليات التثبيت الكيميائي تقلل وتقضي علي كثير من الممرضات . والجدول التالي يبين أنواع البكتريا الممرضة التي تتواجد في حمأة الصرف الصحي والامراض المسببة لها.

جدول ٤-٩

أنواع البكتريا الممرضة

Species	Disease
Arizona hinshawii	**Arizona infection**
Bacillus cereus	**B .cereus gastroenteritis; food poisoning**
Vibrio cholerae	**Cholera**
Clostridium peringens	**C .perfringens gastroenteritis; food poisoning**
Clostridium tetani	**Tetanus**
Escherichia coli	**Enteropathogenic E .coli infection acute diarrhea**
Leptospira sp	**Leptospirosis; Swineherd's disease**
Mycobacterium tuberculosis	**Tuberculosi**
Salmonella paratyphi ،A ،B ،C	**Paratyphoid fever**
Salmonella sendai	**Paratyphoid fever**
Salmonella sp) over 1500 serotypes(	**Salmonellosis; acute diarrhea**
Salmonella typhi	**Typhoid fever**
Shigella sp	**Shigellosis; bacillary dysentery acute diarrhea**
Yersinia enterocolitica	**Yersinia gastroenteritis**
Yersinia pseudotuberculosis	**Mesenteric lymphadenopathy**
Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies المصدر N&P Limited 2002.Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D	

وهناك العديد من الطرق لتطهير الحمـــأة و خفــض المـــواد المســـببة للمـــرض (الممرضات) في الحمأة منها الوسائل الاتية :

- تعريض الحمأة لاشعة الشمس عن طريق فردها في مســـاحات معرضـــة لاشعة الشمس لمدة لا تقل عن ١٥ يوما متواصلة.
- حرق الحمأة في محارق خاصة.
- التسخين الحراري الشديد للحمأة .
- التطهير باشعة جاما.

تطهير الحمأة باشعة جاما [*]

اشعة جاما عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقه عاليه لها قدرة عالية على النفاذ وتزداد بزياده طاقتها سرعتها تقريبا تعادل سرعة الضوء وتُطلق أشعة جاما عندما تكون النواة في حالة طاقة عالية بعد الانحلال الأشعاعي وتستخدم اشعة جاما في تطهير حمأة الصرف الصحي في بعض البلدان الاوربية.

يعد التطهير باشعة جاما من الوسائل الفعالة لتطهير حمأة الصرف الصـــحي مـــن خلال تعريض الحمأة لاحد مصادر اشعة جاما مثل الكوبلت المشع ٦٠ .

وتتميز الطاقة الاشعاعية لأشعة جاما بانها طاقة نظيفة بيئياً إذ لا تتطلـــب إضـــافة مواد كيميائية ولا تخلف سميّة في المواد المشععة أو أي نشاط إشـــعاعي منبعـــث منها، كما أن لأشعة جاما قدرة فائقة على الاختراق والإمداد بجرعة منتظمة يمكن تصورها أو التنبؤ بها). وقد اتضح من الأبحاث قدرة المعالجة بالأشعة على قطع سلسلة التلوث الميكروبي والطفيلي التي يمكن أن تنشأ من اســـتخدام الحمـــأة فـــي الزراعة والتي قد تصل للإنسان مروراً بالنبات والحيوان مما يقود إلى رفع مأمونية

---

[*]المصدر : محمـــد بن إبراهـــيم الغنـــيم ندوة المياه

إعادة استخدامها من الناحية الوبائية وبالتالي إمكانيــة توزيعهــا علــى المشــاريع الزراعية مما قد يشكل أهمية اقتصادية لإدارات معالجة النفايــات) .بــين عــامي ١٩٤٥-١٩٧٠ نشر حوالي سبعين بحثاً حول تطبيقات معالجة المخلفات بالإشعاع وبينت جدوى هذه التقنية في القضاء على الأحياء الدقيقة، كما ساهم توفر المصادر الإشعاعية في أواسط الخمسينيات في تفعيل استخدام الأشعة في التطهير (Feates et al , 1975) .

بدأت إدارة الأبحاث و التقنية بألمانيا في دعم أبحــاث تطهيــر النفايــات الصــلبة لمحطات الصرف الصحي باستخدام الأشعة مبكراً مما أســفر عــام ١٩٧٣م عــن افتتاح أطول محطة تجريبية لتشعيع الحمــأة بأشــعة جامــا وذلــك فــي مدينــة (Geiselbullach) قرب (Munich) وبدأت بإنتاج ٣٠م٣ / يوم وعنــد أوائــل الثمانينات استطاعت الوحدة العمل بطاقتها التصميمية وتوليد ١٥٠م٣ / يوم، وكان الناتج من هذه الوحدة يتم إعادة استخدامه بتوزيعه على المزارعين كسماد (Suess et al, 1983) .

وقد أوضحت التقارير الألمانية بعيد بداية تشغيل المحطة أن هذه التجربة كشفت أن التطهير بالتشعيع مجدي اقتصادياً مقارنةً بالمعالجة الحرارية المســتخدمة لتطهيــر الحمأة في ألمانيا في ذلك الحين وفي عام ١٩٧٩م أصدر في ألمانيا تقريراً بعد عدة سنوات من إطــلاق التجربــة الأولــى فــي محطــة الصــرف الصــحي بـــ (Geiselbullach) ورد فيه أن استخدام أشعة جاما لتطهير النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يعتبر خياراً اقتصادياً خصوصاً في حالة الكميات الكبيــرة، وأن هذه الحمأة يجدر أن يعاد استخدامها كسماد زراعي ومكيف للتربة الزراعية (Bryan et al, 1992).

وفي المؤتمر الذي عقد عام ١٩٨١م في (Grenoble) في فرنسا تحــت عنــوان المعالجة الإشعاعية للنفايات واستخدامها والذي تشرف عليه الوكالة الدولية للطاقــة

الذرية كان من توصياتهم أن استخدام هذه التقنية لتطهير الحمأة أمر مهم جداً للدول النامية خصوصاً في ظل النقص الحاد في الموارد والطاقة والتزايد السكاني مع المستوى المتدني من الصحة العامة، وفي هذه الأثناء كانت كندا تجهّز وحدة لتشعيع حمأة محطة للصرف الصحي بغرض إعادة استخدامها في تخصيب وتحسين التربة الزراعية لتنتج ٥٠ طناً من الحمأة المشععة يومياً كأول تجربة لها بهذا الحجم . (Machi, 1985)

وفي العام ١٩٨٥م أضافت اليابان في بعض وحدات معالجة النفايات الصلبة في محطات الصرف الصحي تجهيزاتٍ لتعقيم المياه المتولّدة من وحدات معالجة الحمأة بأشعة جاما لتتمكن بذلك من تعقيم هذه المياه قبل أن تُدخلها على المحطة من جديد، وذلك بعد أن كانت قد نفذت عدة مشاريع لتطهير الحمأة.

وقد وجد في دراسة أجراها للمقارنة بين سميّة مخلفات سائله مكلورة وأخرى منزوعة الكلور مع أخرى مشععة بجاما ،ووجد أن العينات المكلورة وحتى منزوعة الكلور أكثر سميّةً من تلك المشععة بجاما وذلك بشكل اعتباري ، وهذا يقودنا إلى مأمونية أشعة جاما على المياه المتولدة من وحدة الخفض الآلي للمحتوى المائي والتي يتم عادةً إعادة معالجتها بإدخالها إلى محطة معالجة النفايات السائلة من جديد. وقد أقرت الجمعية الأمريكية للهندسة المدنية استخدام أشعة جاما لتطهير النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي وذلك في نشرتها في العام ١٩٩٢م (al, 1992 Bryan et) . كما أثمرت أبحاث تشعيع الحمأة في الهند عن تشغيل وحدة لتشعيع الحمأة وبطاقة إنتاجية ضخمة بلغت ١١٠م٣ يومياً واستخدمت في هذه الوحدة الكوبالت –٦٠ كمصدر للأشعة المؤينة، وقد طبقت إعادة الاستخدام لهذا المنتج في الحقول القريبة من المحطة في منطقة (Gajerawadi)

علاوة على الدول المذكورة آنفاً، فإن العديد من الدول قد استخدمت تقنيـــة تطهيــر الحمأة في بعض محطاتها بأشعة جاما مثل استراليا ، إيطاليا، النــرويج وجنــوب إفريقيا وغيرها (Bryan et al, 1992) .

هذا وقد نصّت التوصيات الصادرة من مصلحة حمايـــة البيئـــة الأمريكيـــة علـــى ضرورة تطبيق وسائل لخفض الممرضات الموجودة في الأسمدة المصـــنعة مـــن النفايات الصلبه لمحطات الصرف الصحي ذات الجودة العالية والتي تصنف مـــن الفئة (أ) ذات الاستخدام المطلق، وكان من هذه الوسائل الموصى بها التعقيم بأشعة جاما عند جرعة تقدر بـــ ١٠ كيلوجري (EPA,2000).

تأثير اشعة جاما

تعد أشعة جاما من الوسائل الفيزيائية الناجحة جدا للتعقيم وللتطهير في كثيـــر مـــن المجالات والصناعات، فهي تستخدم وعلى نطاق واسع في تطبيقات التعقـــيم فـــي الصناعات الطبية والصيدلانية والغذائية وتعقيم النفايات وذلك لقدرتها علـــى قتـــل الأحياء الدقيقة. ويتم تدمير الأنظمة الحيوية بفعل إشعاعات جاما عن طريقين هما:

- التفاعل الغير مباشر
- والتفاعل المباشر

التفاعل الغير مباشر والتفاعل المباشر وهذان المصطلحان يطلقان لوصـــف تـــأثير أشعة جاما على مركبات منفصلة كالأنزيمات والأحماض النوويـــة ولا يســـتخدمان لوصف التأثير على الكائن الذي نظامه الخلوي معقد التركيب الكيميـــائي كالخليـــة البكتيرية والفطرية).

التفاعل الغير مباشر يقصد به تأثير أشعة جاما المؤينة على جزيئات تتحـــول بعـــد امتصاصها لأشعة جاما إلى جزيئات متأينة تؤدي إلى إحداث تفـــاعلات كيميائيـــة مدمرة للنظم الخلوية (Gazso, 1997).

يتحقق التفاعل الغير مباشر بتأثير أشعة جاما على المذيبات، ولما كان المـــاء هـــو المذيب الأساسي للنظم الحيوية فإن الأثر الغير مباشر ينتج بالتالي من نواتج تـــأين جزيئات الماء إشعاعياً حيث ينتج شقائق حرة لنشطة جداً مثل أيون الهيدروكســيل والكترونات حرة كما في المعادلة التالية:

H2O+ + e <---------- H2O

+OH + H <--------- +H2O

حيث أُقترح أن ايون الهيدروكسيل OH- يلعب أكبر أثر في التفاعل الغير مباشر وذلك بتفاعله مع الجزيئات الحيوية، أما الإلكترون الحر فقد قللت بعض الأبحـــاث من دوره في تفاعلات الأثر الغير مباشر (Alpen, 1990) وفعّلت بعض الأبحاث دوره إلى درجة وضعه في مرتبة ايون الهيدروكسيل OH- في التأثير (Gazso, 1997).

أما التفاعل المباشر فيقصد به التغير في التركيب الطبيعي الجزيئي للأهداف الخلوية من عضيات وجزيئات نشطة بفعل الأشعة المؤينة.

- وغالبا يشار بعبارة الدمار الإشعاعي المباشر أو التفاعل المباشر إلى الأثر التدميري للأشعة المؤينة على المادة الوراثية للخلية لأنها أكبر هدف جزيئـــي فـــي الخلية.

إن الـــ(DNA) مكوّن من الجزيئات التي تحمـــل المعلومـــات الوراثيـــة المعنيـــة بالتضاعف والتجديد والانقسام وغيره من الوظائف المهمة خلوياً لذا فإن فقـــدها أو التأثير فيها يعدّ أمراً مؤثراً على بقاء الكائن وقدرته على الاستعمار، كما أن قـــدرة الخلية على الأيض قد تُفقد بسبب كسر الروابط وكسر السكر الفوســفاتي ودمـــار القواعد النيتروجينية.

ويمكن مجهرياً عند فحص الخلية أثناء انقسامها م ملاحظة التغيـــر فـــي تركيـــب الكروموسوم نتيجة للتعرض لأشعة جامـــا، ولـــو شـــعت الخليـــة بعـــد انقســـام

الـ(DNA) فإن أحد الكروماسيدين قد يظهر عليه تغير لا متماثل.
ونستدل على دمار الـ(DNA) بفعل الإشعاع بالتالي:

- في الكائنات الحية البسيطة كالفاج(phage) والفيروسات عموماً توجد علاقة كمية بين دمار مادتها الوراثية وتوقف وظائفها الحيوية.
- في الكائنات الحية الأكثر تعقيدا كالبكتيريا فإن علاقة دمار الـ(DNA) بفقد الوظائف الحيوية يتضح أيضا ولكن هذه العلاقة معقدة نوعاً ما.
- أن قدرة خلايا الأحياء الدقيقة على معاودة النمو بعد تثبيطه بالأشعة عائد إلى إصلاح دمار الـ(DNA).
- الكائنات الحية الدقيقة التي عرف عنها أن قدرتها على إصلاح الـ (DNA) ضعيف تظهر حساسية أكثر للإشعاع.
- الكائنات الحية الدقيقة تزداد حساسيتها للإشعاع إذا عوملت بمواد مؤثرة على قدرتها على إصلاح الـ (DNA).
- إن الـ (DNA) هو أكبر جزيء في الخلية.

إن ما ذكر عن تفاعلات الأثر المباشر وقدرته على التأثير على المادة الوراثية لا يعني أن تفاعلات الأثر الغير مباشر أو أن نواتج تحلل الماء بالإشعاع غير مؤثرة على المادة الوراثية بل قد يكون الـ (DNA) هدفاً لكلا التفاعلين.
وقد تبين من التجارب أن الدمار الذي يصيب الـ (DNA) يمكن في بعض الظروف إصلاحه وبعدة آليات تشمل الإصلاح الإنزيمي أو الاتحادات الورانية الفيزوكيميائية.

و يقسم الدمار الخلوي بسبب الأشعة المؤينة إلى ثلاث أقسام:

- الضرر القاتل (Damage Lethal) وهو الأثر الذي لا يمكن إصلاحه ويفضي للموت.

– الضرر شبه القاتل (Lethal Damage Sub) وهو الأثر الذي يمكن إصلاحه في الظروف الطبيعية ما لم يضاف عامل دمار قاتل أو شبه قاتل آخر.
– الضرر المحتمل القتل (Potentially Lethal Damage) وهو الأثر القاتل المتوقف على عوامل أخرى كالأكسجين ودرجة الحرارة ووجود مواد كيميائية وغير ذلك.

كما أن التأثير الإشعاعي يحصل على شكل أطوار كالتالي:

– فيزيائي سريع جداً، وأهم تفاعلات هذا الطور هو تأين الماء .
كيميائي ويقصد به التفاعلات الكيميائية للمنتجات الأولية للتأين وتستغرق تقريباً ١٠أجزاء من الالف من الثانية.
– حيوي متأخر جداً ويقصد به السرطان أو الطفرات وتستغرق ساعة إلى عدة سنوات (Gazso, 1997) .

تأثير تطبيقات نظم معالجة وتثبيت الحمأة في خفض الكائنات الممرضة بالحمأة

إن العديد من تطبيقات نظم معالجة الحمأة في محطات الصرف الصحي والغير موجهة أصلاً للتطهير والتي تهدف إلى خفض المحتوى المائي أو التثبيت وجد أن لها آثار اعتبارية على الممرضات تصل إلى حد التطهير ،ففي دراسة للباحث (Watanabe et al., 1997) أجراها على سبع عشرة محطة لمعالجة مياه الصرف الصحي باليابان وجد من خلالها أن أعداد القولونيات البرازية في الحمأة الخام تنخفض بشكل إعتباري بعد تعرض الحمأة للهضم اللاهوائي في درجات الحرارة المتوسطة (Digestion Mesophlillic) في حين أنها تنخفض إلى قيم أقل من ١٠/جرام بعد تعرضها للهضم اللاهوائي الحراري (Thermophillic Digestion).

وفي دراسة أخرى شبيهة وجد الباحث (et al., 1998 Burtscher) أن نظم المعالجة في ألمانيا التي فيها مرحلتي تثبيت لا٠وائية أحدها حرارية والأخرى

متوسطة الحرارة قد حققت كفأة عالية في القضاء على بكتيريا السالمونيللا والليستريا.

واستطاع (Cabirol et al., 2001) أن يخفض أعداد القولونيات البرازية وأعداد بيضات الديدان الحية إلى مستويات مناسبة لإعادة الاستخدام في الزراعة عند تعريض الحمأة للهضم اللاهوائي الحراري لمدة ٢٠ يوماً وذلك على مستوى محطة تجريبية في المكسيك.

ومع التثبيت بالجير وجد (Cadirgues et al. , 2001 – Mignotte) في تجربة فرنسية أن ارتفاع الرقم الهيدروجيني (pH) بسبب هذه المعاملة الكيميائية القلوية تقود إلى خفض الممرضات حيث لم يتمكن من عزل السالمونيللا في الحمأة المعرّضة لرقم الهيدروجيني (pH) مقداره ١٢,٥ لمدة ٢٤ ساعة .

الباحث (Bujocjek et al., 2001) حصل على نتائج مقاربة في دراسة أجراها في كندا إلا أنه أضاف أن جراثيم (Spores) بكتيريا (Clostridium perfringens) قد حصل لها تثبيط تحت نفس مستوى المعاملة القاعدية الذي ترتفع عنده الرقم الهيدروجين (pH) إلى ١٢.

الباحث (Jimenez – Cisneros et al., 2001) قارن بين تأثير المعاملة الكيميائية القاعدية والحمضية ووجد أن مقادير القولونيات البرازية و السالمونيللافي المحطة المكسيكية المدروسة تحقق أثناء المعالجة القلوية خفضاًفي المقادير بحوالي ٨,٥ لو في حين أن المعالجة الحمضية خفضت المقادير بما يقارب ٤,٥لو.

كما وجد الباحث (Barrios et al., 2001) أن المعالجة الحمضية إذا كانت بتراكيز من حمض الخل أقل من ١٥٠٠٠ جزء من المليون فإنها تؤدي إلى معاودة نمو البكتيريا في الحمأة المطهرة مرة أخرى وذلك في دراسة أجراها على القولونيات البرازية و السالمونيللا.

كما أن العديد من الدول الأوروبية تطبق البسترة لتطهير الحمأة وذلك برفع درجة حرارتها إلى ٧٠°م لمدة نصف ساعة إلى ساعة (Farrell et al., 1975) ،وهذا التأثير الحراري القاتل للممرضات قد يتحقق عند استخدام الحرارة العالية في مرحلة خفض المحتوى المائي.

وفي الدانمرك أجرى الباحث (Jepsen et al., 1997) دراسة على تأثير درجة الحرارة على البكتيريا الموجودة في الحمأة، وأوصى بأن تكون درجة حرارة البسترة لا تقل عن ٧٠°م، كما حصل أيضاً على نتائج مقاربة للباحثين السابقين فيما يخص المعاملة بالمواد القلوية، وعن تأثير تخزين الحمأة المنتجة على الحمل الوبائي فقد وجد أن مجرد التخزين للحمأة قد يؤدي إلى خفض مقادير السالمونيللا إذا كانت درجات حرارة التخزين ٢٠°م فما فوق في حين أن تخزين الحمأة يقود إلى خفض غير آمن في حق بكتريا الستربتوكوكس.

وفي دراسة أخرى على تأثير التخزين أجراها الاسترالي (Gibbs et al.,1995) وجد أن التخزين لمدة عام يخفض مقادير السالمونيللا إلا أن القولونيات تبقى بمقادير غير مأمونة وتعاود النمو مرة أخرى .

الكثير من الأبحاث تحدثت عن استخدام الأشعة المؤينة كأشعة جاما في تطهير الحمأة سواءاً على مستوى الدراسات التجريبية أو محطات المعالجة القائمة وأشادت بمأمونيتها وخصوصاً في تطهير المقادير الكبيرة من الحمأة المنتجة.

كما أن إعادة استخدام الحمأة كمادة أساسية في مصانع الـ(Compost) قد يعرضها للتطهير الاستخدام.

والجدير بالذكر أن بعض وسائل التخلص من الحمأة كالترميد أو الحرق (Incineration) تؤدي إلى التعقيم وإن كانت غير موجة أصلاً لهذا الغرض حيث تتعرض فيه الحمأة لدرجات حرارة عالية جداً تقود إلى فقد المواد العضوية الحية وغير الحية بما فيها الممرضات بأنواعها.

إن سعي محطات معالجة مياه الصرف الصحي إلى تنقية هذه النفايات المنزلية السائلة وتصفيتها من العوالق والرواسب قد بالضرورة إلى تكون نفاية صلبة لهذه المحطات والتي شكلت بدورها همّاً وتحدياً دفع الجهات المعنية لابتكار طرق معالجة وتخلص سليمين لهذه النفاية الصلبة، آخذين في الاعتبار محتواها من الملوثات الكيميائية والمعادن الثقيلة والممرضات (Scott et al, 1985) .

إن إفراغ هذه النفايات الصلبة في البيئة يعتبر مشكلة بيئية وإعادة استخدامها هو الخيار المفضل، ولكن المشكلة في الطرق التقليدية للمعالجة بالهضم اللاهوائي وخفض المحتوى المائي أنها لا تقود إلى خفض الممرضات في هذه النفاية .(Gibbs et al, 1995)

إن احتواء هذه النفاية على المغذيات المفيدة للنبات زاد من استخدامها كمخصب للترب الزراعية مما يستلزم توفير تقنية مأمونة في خفض الحمل الوبائي لها خصوصاً فيما يتعلق ببيضات الديدان المعوية ذات الخطر العالي على الصحة Jepsen et al., 1997; Jimenez – Cisnesos et al , 2001)

٤-٢-٦.سادسا التخلص من الحمأة واستخدامها

إن التخطيط والتصميم والتنفيذ والاداره الصحيحة لمشاريع معالجه مياه الصرف الصحي لابد وان تشتمل على آلية صحيحة للتخلص الآمن من النفايات الصلبة(الحمأة) لهذه المشاريع والذي غالبا ما يتم بإعادة استخدامها أو بدفنها أو حرقها أو رميها في البحار.

فبعد عمليات تثبيت وتجفيف الحمأة تصل تركيز المواد الصلبة الجافة فيها من ٢٠ الي ٧٥ % حسب درجة التثبيت والتجفيف المتبعة. ويتم التخلص من الحمأة او أعادة استخدامها للاستفادة منها في اغراض كثيرة.

اولا التخلص من الحمأة

١- الاختزال الحراري للحمأة

يتضمّن الاختزال الحراري للحمأة عمليّتين أساسيّتين هما :التحويل الجزئي أو الكلي للجوامد العضويّة إلى ثاني أكسيد الكربون ومياه عن طريق الحرق أو الأكسدة بالهواء الرطب؛ والأكسدة الجزئية وتطاير الجوامد العضويّة إمّا بالانحلال الحراري أو الاحتراق القليل الهواء مع إنتاج مواد طاقيّة كالغازات والزيت والقطران والفحم . وتستهدف هذه العمليّة خفض حجم الجوامد الصلبة تمهيدًا للصرف النهائي

٢- التخلص من الحمأة بالحرق

اذا تعذر أستخدام الحمأة كسماد في الاراضي الزراعية او ليس هناك فرصة لأستخدام الرواسب الصلبة المجففة في الصناعة يتم الآستفادة من الرواسب كطاقة وذلك عن طريق حرقها في افران خاصة ذات درجات حرارة عالية لا تقل عن ٧٠٠م والحرارة الناتجة عن حرق جزء من الحمأة تساعد علي تجفيف جزء اخر وحرق الجزء التالي له .

ويلزم أن تُلحق المحرقة بوحدة لنزع الروائح وحماية البيئة من الدخان والغازات الناجمة عن احتراق المواد العضوية، وتستخدم الحرارة الناتجة من الحرق لتسخين المياه في الغلايات او التدفئة او تجفيف كميات اخري من الحمأة او كوقود رخيص في الافران المنزلية البلدية القديمة .

أذا كانت الحمأة تحتوي علي مواد سامة فأن عملية التخلص منها بالحرق يعتبر هو الوسيلة الوحيدة المتوفرة بشرط ان يتم ذلك في افران خاصة .

وبعد عملية الحرق نجد ان الرماد المتبقي يحتوي علي ٥ الي ١٠% من الحجم الاصلي للمواد الصلبة ، كما ان المواد الخاملة المتخلفة عن الحرق يسهل التخلص منها كرماد طائر . وتتعد طرق التخلص من نواتج حرق الحمأة والتي تعرف

بالرماد فقد يتم القاؤها في الانظمة البيئية الطبيعية كالمسطحات المائيـــة كالبحـــار والانهار وقد تدفن في باطن الأرض أو تستخدم كمادة تسميدية للأرض الزراعية .

مميزات حرق الحمأة

إن لطريقة حرق االحمأة الصلبة بعض المميزات أهمها:

- صغر مساحة الأرض اللازمة لانشاء وحدة الحرق
- عدم تأثر عملها بالأحوال الجوية.
- القضاء علي الممرضات وبويضات الديدان المتواجدة في الحمأة .
- وإمكانية الاستفادة من الحرارة الناتجة في التدفئة.
- لا تسبب بقايا عملية الحرق أي ضرر للمياه الجوفية

ومن المهم ذكر ان عملية حرق الحمأة من العمليات المكلفة كوسيلة مـــن وســـائل التخلص من الحمأة (لاحتياجها طاقة كبيرة) وأرتفاع تكاليف الانشـــاء والصـــيانة والتشغيل ، كما انها تحتاج الي عمالة فنية ماهرة للـــتحكم فـــي نـــواتج الانبعـــاث الحراري والتأكد من ان نواتج الحرق متوافقة مع المعايير البيئية وذلك لمنع تلوث الهواء والحاق الضرر للبيئة.

وتتعد طرق حرق الحمأة طبقا لدرجة جفافها وطبيعتها ، كما تتعلق كميـــة المـــواد القابلة للحرق في الحمأة بخواصها ومكوناتها ويتضمن الجدول التالي عرضًالبعض طرق حرق الحمأة.

جدول ٤-١٠

طرق حرق الحمأة

نوع المحرقة	وصف العملية
المحرقة المتعدّدة المجمرات	تضمّ وعاء فولاذيًا مقسّمًا من الداخل إلى عدة مجمرات . وتدخل الحمأة عبر سقف المحرقة باستخدام مغذية لولبية أو حزام ذي باب قلاب . وتدفع ذراع وأسنان التقليب الحمأة عبر المجمرة ثم تقع من الثقوب إلى المجمرة التالية وتستمرّ هذه العملية حتى يصرف الرماد المطهّر والمحمل بالفوسفور من القاع.
الأكسدة بالهواء الرطب	تتكوّن من مفاعل يعمل بحرارة مرتفعة (٢٠٠ -٣٠٠ درجة مئوية) وضغط مرتفع من (٥٠٠٠-٢٠٠٠٠ نيوتن لكلّ متر مربّع). ويؤكسد الهواء المضخ إلى المفاعل الحمأة في طور سائل .وتفصل البقايا الصلبة من السائل بالترسيب أو الترشيح المنفصل.
المحرقة ذات طبقة مميّعة	تتكوّن من وعاء فولاذي عمودي وأسطواني الشكل يحتوي على طبقة رمل وثقوب هواء مميّع لإنتاج واستبقاء الاشتعال . وتمزج الحمأة بسرعة في الطبقة المميعة بحركة دوامية مما يؤدّي إلى تبخر المياه واشتعال جوامد الحمأة.
المصدر : Metcalf and Eddy Inc., Wastewater engineering, 3rd ed.	

٣- الدفن الصحي في الأرض

يتم دفن النفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي في مدافن صحية خاص (Sanitary Landfill) مصممة لهذا الغرض، حيث يتم جمعها في حفر معدة لها وتغطيتها بالتربة) .إن هذه الطريقة شائعة في كل بلدان العالم ولكن بنسب مختلفة بحسب طرق التخلص الأخرى المتاحة في كل بلد وبحسب حجم النفاية المنتجة، فعلى المستوى الأوروبي نجد أن ٤٠% من الحمأة الأوروبية يتم دفنها، وفي

بريطانيا تدفن ١٥% من الحمأة المتولدة من المحطات، والدفن يتم إما في مــدافن خاصة أو مع غيرها من النفايــات الصــلبة وذلــك وفــق اشــتراطات معينــة. و في بعض البلدان كاليونان مثلاً تعتبر هذه الطريقة هي الوحيدة المطبقة للــتخلص من هذا النوع من النفايات، وعموما يتجه الاتحاد الأوربي إلى الحد منهــا بوضــع الاشتراطات التي تقيد من تطبيقها ، حيث تعد مسألة اختيار المكان الملائم للــدفن الصحي وتوفير اشتراطاته من أكبر التحديات التي تواجه محطات المدن الضخمة.

يعتبر تلوث المياه الجوفية والمياه السطحية بملوثات تنقلها النفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي من أكبر المشاكل المحتملة المتعلقة بالدفن والتي تحصــل بفعــل عصارة أو رشيح المدفن الذي يتولد بشكل طبيعي من المحتوى المائي لهذه النفايــة أو بوصول مياه الأمطار إلى داخل المدفن ومن ثم تدفقها منه نحو المصادر المائية محملة بالممرضات والمعادن الثقيلة الموجودة أو بالمركبات النيتروجينة وخلافــه. ولتلافي ذلك فإن العديد من الاشتراطات يفترض أن تراعى في المدافن من حيــث نوعيه الأرض وقابليتها للتآكل والتعرض للتعرية، الوضع الطبوغرافي للأرض من حيث درجة الميول، قرب المدافن من مكامن المياه الجوفية وعمقها، نفاذية الأرض وبنيتها، التحكم في مجاري مياه الأمطار القريبة من المــدفن أو الميــاه الراشــحة المتولدة من المدافن، وغير ذلك من الاشتراطات التي لا يتسع المجال للتفصيل فيها.

الباحث (Entry et al.,2001) أجرى دراسة على تلوث المياه الجوفية بالقولونيات البرازية في النفايات الصلبة المدفونة وذلك في مدافن خاصة بالمخلفات الحيوانيــة، ووجد أن البكتيريا يحصل لها احتجاز جزئي ولكنها تستطيع الوصول للمياه الجوفية بمقادير تختلف حسب نوع الطبقات التي بين المدفن والمكمن المــائي، فالطبقــات البازلتية وجدها أكثر احتجازاً للبكتريا من الطبقات الرملية التي يتدفق عبرها الماء بسرعة أكبر من سابقتها، واعتبر الباحث أنه على اختلاف نسبة التلوث إلا أن الدفن عموماً ليس آمن على المياه الجوفية. كما يراعى في المدفن أن يكون بعيــدا عــن

التجمعات البشرية لاعتبارات تتعلق بالتلوث المحتمل بسبب الرياح والغبار والنواقل وغيرها.

والجدير بالذكر أنه علاوةً على مراعاة المشاكل المتعلقة بتلـوث الميـاه الجوفيـة وغيرها أثناء تصميم وتنفيذ المدفن إلا أنه من المفترض أيضاً أن يراعى بُعدها عن مزارع الثروة الحيوانية والألبان، فقد وجد (Cizek et al.,1994) فـي دراسـة أجراها على بكتيريا السالمونيللا أن العديد من الطيور البرية يمكن أن تنتشـر هـذه البكتيريا وتنقلها من مكان لآخر، وفي دراسة شبيهه أثبـت الباحـث Ferns et al.,2000) (أن بكتيريا السالمونيللا المنقولة بمياه الصـرف الصـحي يمكـن أن ينشرها طائر النورس الذي سبق أن تعرض غذائه لتلوث بمياه الصرف الصـحي وذلك عن طريق برازه. كما أن بكتيريا السالمونيللا المنقولة بمياه الصرف الصحي أو النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يمكن أن تتسب في تفجرات وبائية في مزارع الأبقار فقد رصد الباحثون (Clegg et al.,1983;Clegg et al.,1986) إصابات بالنـزف المعوي والإجهاض والموت أحياناً لأبقار أصيبت بالسـالمونيللا المنقولة بالنفايات الصلبة لمحطات الصرف الصحي .

عملية الدفن

ويتم ذلك بعمل خنادق مختلفة مستطيلة ومتوازية بعمق يتراوح من متر ونصف الي مترين وتلقي الحمأة في الخنادق ثم تغطي بطبقة من التراب او التـراب والرمـل بارتفاع ثلاثين سنتيمترا علي الاقل وذلك لمنع تصاعد الروائح الكريهـة منهـا ، ومنع توالد الذباب والحشرات الضارة – ويمكن اسـتغلال المسـاحة كمزرعـة للنباتات الخشبية علي الا يعاد حفر الخنادق لمدة سنتين علي الاقل .

ويجب عند تشغيل المدفن مراعاة ما يلى:

- التحكم فى المخلفات التى قد تتناثر بفعل الرياح حـول المـدافن وذلـك بإقامة الأسوار والحواجز.

- إنشاء سجلات للتأكد من نوعية المخلفات حتى لا تدفن مخلفات خطرة فى مدفن معد لمخلفات غير خطرة، كما يجب اتباع اللوائح الخاصة المطلوبة لسجلات المدافن الخطرة.
- يجب ان يجهز المدفن بالأسوار أو الحواجز التى تمنع وصول العامة والحيوان إلى أرض المدفن وذلك لإمكانية خطورة المدفن وعدم وعى الناس بذلك.
- يجب تجهيز المنطقة حول المدفن لتصريف الأمطار بعيداً عن المدفن وذلك باستخدام قنوات أو نظام صرف حول المدفن.

٤- قذف الحمأة في البحر

من طرق التخلص من الحمأة الرمي في قيعان المحيطات والتي تنتشر في بعض المدن الساحلية، الا ان ذلك شائع بدرجة اكبر للحمأة الغير معالجة والغير مجففة ونادرا ما يتم قذف الحمأة الجافة او الرماد المتخلف عنها في البحار والمحيطات (الا في حالات قليلية كتعذر دفن الحمأة الجافة أو الرماد في الأرض) . ويسعى الاتحاد الأوربي للتوقف عن هذا الأجراء حمايةً للبيئة البحرية، هذا وقد حددت بريطانيا العام ١٩٩٨م كآخر سنة يتم فيها الرمي في البحر. وعملية قذف الحمأة في البحار لها بعض المحاذير البيئية والصحية فقد نشر الباحثان (Hill et al.,1993) و (Takijawa et al.,1992) تقريرين عن المرمى البحري قبالة سواحل نيوجرسي الأمريكية واستطاعا رصد بكتيريا Clostridium perfringens في الرواسب الموجودة في قاع البحر كمؤشر على مثابرة بعض الممرضات البرازية في المدافن البحرية. وعموما تعتمد هذه الطريقة علي وجود شاطيء للبحر قريب من مكان انتاج الحمأة ويكون البحر كبيرا وكافيا لاستيعاب الحمأة دون ان يؤثر ذلك علي بيئته المائية ودون ان يتم استنزاف الأكسجين الذائب في البحر ، ويتم

قياس الأكسجين الذائب قبل وبعد القاء الحمأة حتي لا يهبط مستوي الأكسجين الذائب عن الحد اللازم لحياه الكائنات البحرية الاخري .

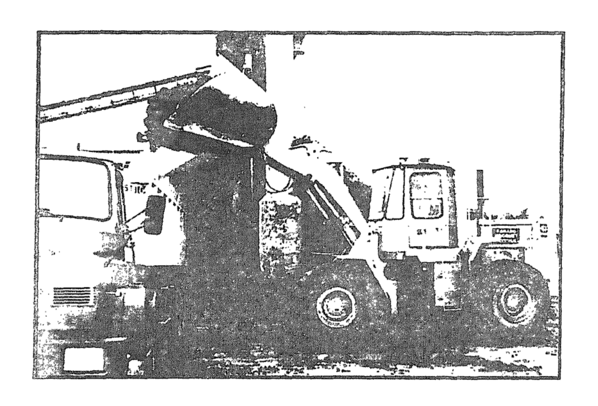
ويشترط ان يكون موقع التخلص من الحمأة مناسبا وفي داخل البحر وعلي اعماق كافية وبكميات محسوبة بحيث نضمن الا تدفع التيارات البحرية الرواسب مرة اخري الي الشاطيء ، ويتم قذف الحمأة عن طريق طلمبات تدفعها الي موقع التخلص أو تحميل الحمأة علي سفن خاصة تسير في البحر بحيث تصل الي عرض البحر ويتم القاؤها.

وبعض المواصفات تشترط ان لا تقل النسبة بين حجم الماء في البحر عن الفين ضعف من حجم الحمأة الملقاة يوميا وذلك حتي يمكن استيعابها في البحر دون اضرار بيئية وايضا يشترط الا توجد تيارات بحرية تمنع الترسيب .

ثانيا الاستخدامات المفيدة للحمأة

بلغت كمية الحمأة الناتجة من محطات الصرف الصحي بالقاهرة الكبري من ١٩٨٠ -١٩٩٦ طن يوميا عام ٢٠٠٥ ومن المتوقع ان تصل الي ٣٩٠٠ طن يوميا بحلول عام ٢٠١٠ وهذا يعني انها قد تصل الي ١,٥ مليون طن في العام من المادة الجافة ويعد هذا الكم الهائل والمتجدد سنويا مصدر للعديد من المشاكل نظرا لما تحتويه هذه الماد من مواد . ولهذا اتجه التفكير الي كيفية الاستفادة من من الكميات الكبيرة من الحمأة الجافة الناتجة عن مشاريع الصرف داخل مصر .

تتعدد الاستخدامات المفيدة للحماة الناتجة من محطات الصرف الصحي وذلك لاحتواء الحمأة علي مواد عضوية هامة يمكن الاستفادة منها . والأستخدامات الاتية هي اكثر الاستخدامات الشائعة للاستفادة من الحمأة .



تحميل الحمأة علي الشاحنات

١- أستعمال الحمأة المجففة كسماد Disposal as manure

يمكن الاستفادة من الحمأة كمادة عضوية في تسميد الأرض الزراعية خصوصا بعد ارتفاع اسعار الأسمدة الكيماوية ونظرا لما تحتويه من عناصر غذائية ضــــرورية للنبات والتي منها النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والعديد من العناصر الاخري .

فبعد ازالة الرواسب المجففة من أحواض التجفيف الرملية تخـــزن الحمـــأة المجففة علي هيئة اكوام مربعة أو مستطيلة مستوية السطح بارتفاع حوالي متر - ثم تغطي بطبقة من الرمل بسمك حوالي ٣ سم لمنع توالد الذباب علي ســـطحها ، علي ان تترك هذه الاكوام مدة ٢٠ الي ٤٠ يوما تتعرض اثناءها للتخمير الجزئـــي الذي يرفع درجة حرارتها الي حوالي ٧٠ درجة مئويـــة وذلـــك بتـــاثير البكتريـــا اللاهوائية والرطوبة المتبقية في الرواسب - وتساعد هذه الحرارة المتولدة علـــي

قتل يرقات الحشرات خاصة الذباب وقتل كثير من الكائنات الدقيقة الضارة الممرضة ، والحد من نمو بويضات الديدان الطفيلية .
وبعد عملية التخمير الجزئي تباع الحمأة كسماد حيوي للمزراع.
هذا وتحتوي الحمأة بعد تخميرها بهذه الطريقة علي كثير من العناصر الغذائية المفيدة للنباتات ذات القيمة التسميدية الجيدة والجدول التالي يبين مكونات هذه الحمأة من المواد العضوية والعناصر المعدنية .

جدول٤-١١

المكونات الكيميائية للحمأة

المادة	النسبة المئوية %
مواد عضوية	٥٥ - ٧٥ %
مواد غير عضوية	٢٥-٤ %
زيوت ودهون	٥-١٠%
بروتين	٥-٢٠%
أمونيا (ازوت)	١-٣ %
فسفور	٠,٥-١,٥ %

اما الحمأة التي جففت بالطرق الميكانيكية مثل الترشيح التفريغي أو بالضغط أو بالطرد المركزي فان الحمأة لا زالت تحتوي علي ٥٠ % من وزنها ماء لذلك يجب تجفيفها اكثر قبل بيعها كسماد ويتم استكمال التجفيف أما بنشرها في الشمس أو بادخال الرواسب الي افران خاصة درجة حرارتها من ١٥٠٠ الي ٢٠٠٠ درجة مئوية وذلك لخفض نسبة الماء الي اقل من ١٥ % من الوزن الكلي للحماة وبعد ذلك يتم طحن هذه الرواسب وتعبأ في اكياس وتباع كسماد .

عيوب ومخاطر استخدام الحمأة كمخصب زراعي[*]

إن الحمل الوبائي المنقول بالحمأة يشكل خطراً صحياً مباشراً للإنسان أو الحيوان الذي يتعرض لها، كما يشكل خطراً غير مباشر بتلويثه للهواء والتربة والمزروعات والمياه التي قد يتعرض لها الأنسان او الحيوان.

ففي دراسة أجراها الباحث (Ottolenghi et al., 1987) على المزارع التي تخصب بالنفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي في أوهايو (Ohio) تمكن الباحث من عزل بكتيريا السالمونيللا من التربة ورصد أيضاً الأجسام المضادة للسالمونيللا في دماء أفراد العائلات التي تقطن في هذه المزارع كمؤشر على الإصابة جراء التعرض للحمأة الملوثة.

وقد ذكر (Cighthart، ١٩٩٤) أن الهواء في المناطق التي يتم فيها استخدام الأسمدة المصنعة من حمأة محطات الصرف الصحي يمكن أن تصل بها أعداد البكتيريا في المتر المكعب من الهواء إلى ١٠ الاف خلية.

وقد استطاع الباحث (Pillai et al., 1996) في دراسة أجريت في ولاية تكساس أن يكشف عن وجود علاقة بين مقادير البكتيريا في الهواء وتحريك أو تهييج النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي، كما أوجد العلاقة الوراثية بين السلالات البكتيرية التي في الحمأة والأخرى التي في الهواء باستخدام تقنية (Polymerase Chain Reaction) ،و وجد أن من بين هذه البكتيريا أنواعاً ممرضة من جنس الكولوستريديم (Clostridium spp) .

وقد أجريت تجارب على تلوث الخضروات بالممرضات المنقولة بهذا النوع من المخصّبات، حيث استطاع (Bergstrom and Longeland, 1981) عزل بكتيريا السالمونيللا وبييضات ديدان الإسكارس من أوراق الخضراوات المنمّاة في

[*]المصدر : محمد بن إبراهيم الغنيم ندوة المياه

مزارع مخصبة تجريبياً بحمأة الصرف الصحي، وقد وجد الباحثان أن أعداد بكتيريا القولون البرازية وبكتيريا السالمونيللا تنخفض في التربة بشدة بعد أول موسم زراعي في حين أن بويضات الديدان استمر رصدها في التربة حتى بعد ثالث موسم زراعي مع العلم أن التخصيب كان قبل أول موسم زراعي فقط. وقد دلت بعض الدراسات على أن بقاء البكتيريا على أوراق الشجيرات والحشائش في المراعي المخصبة بالحمأة أقل منه في التربة نفسها وذلك عائد إلى تعرضها للقتل بأشعة الشمس، وقد بينت التجارب أن الخنازير أكثر تعرضاً للإصابة من البقر والغنم وعُزِيَ ذلك إلى أن الخنزير يأكل من أسفل العشب بما في ذلك أجزاء من المجموع الجذري والتربة، وإن كانت جرعة الإصابة بالسالمونيللا تقدر بآلاف أو ملايين الخلاياإلا أن الإصابة ببيضات الديدان أو الإصابات الرئوية الفيروسية التي تصيب المواشي لا تحتاج إلى مقادير كبيرة من محدثات المرض (Jones, 1983).

إن جداول مياه الأمطار التي تمر عبر الأرض الزراعية المخصبة يمكنها أن تنقل مقادير كبيرة من الممرضات إلى الممرات أو القنوات المائية والبرك وهذا ما وجده الباحث البريطاني (Hunter et al., 1999) ،هذا وقد حصل (Heinonen – Tanski et al. , 2001) على نتائج مشابهة في دراسة مماثلة لها. وقد وجد (Entry and Farmer., 2001) أن القولونيات البرازية يمكن أن تنتقل من التربة الملوثة بها إلى المياه الجوفية، وقدرتها على الانتقال نحو المياه الجوفية مرتبط بسرعة انتقال الماء وبحجم حبيبات التربة.

كما لاحظ (Straub et al., 1992) تلوث تربة مزارع أريزونا التي تخصب بالنفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي وتمكن من عزل فيروس شلل الأطفال والملتهم البكتيري (MS2) منها، ووجد أن التثبيط الفعلي لهذه الفيروسات يتحقق مع الفقد السريع للرطوبة ورفع درجة الحرارة للتربة إلى ٤٠ درجة مئوية .

وفي مزارع أريزونا أيضاً درس الباحث (al., 1995 Straub et) الترب المخصبة بعد ثلاثة شهور من التخصيب وتمكن باستخدام تقنية الـ (Polymerase Chain Reaction) من عزل العديد من الفيروسات الممرضة في ٢١ عينة من أصل ٢٤ عينة مدروسة.

إن التربة الملوثة ببكتيريا القولون إذا كانت تحتوي على مقادير كافية من الرطوبة والمغذيات فإن هذه البكتيريا يمكنها أن تنمو وتضاعف من أعدادها بمقدار قد عدة الاف في وقت قصير نسبيا . (Byappanahalli and Fujioka, 1998) .

إن التنوع الميكروبي في التربة المخصبة بالنفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يخضع لعدة عوامل منها نوعية التربة فقد وجد أن التنوع في الطمي والطين حيث جزيئات التربة صغيرة أكثر منه في الرمل، كما أن نمو الفطريات والتنافس والتضاد الميكروبي يؤثر على وجود البكتيريا في هذه التربة (Sessitsch et al., 2001) .

وقد وجد الباحث (Jones، ١٩٨٣) أن بقاء بكتريا السالمونيللا في التربة الملوثة بها بفعل السماد يتراوح بين ٥-٣٠٠يوم بحسب العوامل المؤثرة في البقاء كدرجة الحرارة وضوء الشمس والصقيع والرطوبة والتضاد والافتراس.

وخليجياً تمكن(Amin,1988) من عزل العديد من الممرضات البكتيرية والفيروسية من الأسمدة المصنعة من نفايات الصرف الصحي في البحرين.

وفيما يخص المعادن الثقيلة فإن وجودها في النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي مرتبط بوجودها في مياه الصرف الصحي التي تستقبلها المحطة المنتجة لهذه النفايات الصلبة، ففي دراسة أجريت بواسطة الباحث (Gaskin et al., 2003) قارن فيها بين جودة العلائق المنتجة في مزرعة غير مخصبة بالحمأة مع أخرى خصبت لست سنوات بها ولم يجد فرقاً بين المنتجين وخلص إلى أن استخدامه للحمأة كمخصب لا يحمل خطر صحياً للحيوانات التي تعلف من العلائق

المنتجة من هذه الحقول وذلك فيما يتعلق بمحتواها من المعادن الثقيلة وليس من الناحية الوبائية .

ارشادات أستخدام الحمأة في الزراعة

يراعي ان تتناسب معدلات الاضافات السنوية من الحمأة المعالجة الجافة مع نوعية الاراضي وان تكون في الحدود الواردة الأتية :

أ- أن لا تزيد كمية النتروجين المضافة مع الحمأة عن حاجة المحصول المزروع وان تكون نسبة الكربون الي الأزوت في الحمأة في حدود من ١٨ : ١، ٢٢ : ١

ب- ان تكون معدلات الاضافة السنوية من الحمأة المعالجة كالاتي:

ت- ١. اراضي ثقيلة القوام (طينية جيرية) معدل اضافة للحماة الجافة في حدود ٨ الي ١٤ م٣ / الفدان .

ث- ٢. اراضي متوسطة القوام (رملية طينية جيرية) معدل اضافة للحماة الجافة في حدود ١٠ الي ١٦ م٣ / للفدان ٣. اراضي خفيفة القوام (رملية) معدل اضافة للحماة الجافة في حدود ١٢ الي ٢٠ م٣ / للفدان .

ج- عدم أستخدام الحمأة في الاراضي المنزرعة بالخضراوات التي تؤكل نيئة أو زراعة الدرنات .

ح- عدم أستخدام الاراضي المنزرعة بالحمأة كمراعي للماشية والاغنام الا بعد مرور شهرين علي اضافة الحمأة .

خ- عدم أستخدام الحمأة اثناء هبوب الرياح وحظر أستخدام الحمأة الناتجة من الصرف الصحي في الحدائق العامة او الملاعب التي ترتادها الجماهير .

٢- تصنيع الكومبوست من الحمأة [*]

عملية الـــ (Aerobic Composting)يقصد بها تثبيت النفايات العضوية الرطبـــة بنظم طبيعية حيوية هوائية في شكل أكوام من هذه النفايات . وعرّفت بأنها عمليـــة حيوية هوائية تؤدي في النهاية إلى هضم المواد العضوية القابلة للهضـــم الحيـــوي مولدة غاز ثاني أكسـيد الكربـون والمـــاء وبقايـــا المـــواد العضـــوية الثابتـــة. وعرّفها العالم (Haug,1980) بأنها التحلل الحيوي والتثبيت للمواد العضوية تحت ظروف تؤدي إلى توليد الحرارة حيوياً إلى حـــدود مرتفعـــة (Thermophillic) مؤدية إلى إنتاج مادة ثابتة بما فيه الكفاية لتخزن أو تستعمل بدون أضرار بيئيـــة . وعرّفت أوروبياً بأنها نظام تحكم حيوي تقوم به الكائنات الحية الدقيقة بشكل تتابعي وتدرجي يضم النشاطات الحيويـــة فـــي الظـــروف متوسـطة درجـــة الحـــرارة (Mesophillic)ومرتفعة درجة الحرارة (Thermophillic) مؤدية إلـــى إنتـــاج المـــاء وثـــاني أكسـيد الكربـون والمعـــادن والمـــواد العضـــوية الثابتـــة. ويمكن تطبيق هذه العملية بعدة آليات منها نظام الأكـــوام (Windrow System) حيث يتم في المصنع ووضعها في الأرض المعدّة للتصنيع على هيئة أكـــوام فـــي صفوف طويلة مثلثة الشكل بارتفاع حوالي ١,٥ متر وعرض ٣ متر تقريباً ويـــتم تقليبها– مع باقي المكونات من المخلفات الحيوانية ونشارة الخشب– آلياً باســـتخدام معدات ثقيلة خاصة بذلك حتى تصل درجة الحرارة المنبعثة من الأنشطة الحيويـــة الهوائية إلى مستوى ترتفع معه درجة حرارة وسط الكومة إلـــى مـــا فـــوق50 مْ. إن عملية الـــ (Aerobic Composting) عملية حيوية معقدة تتم بواسطة نشاطات معقدة للكائنات الحية الدقيقة المتعاقبة في هذا الوسط، وتلعب البكتيريا فيه الـــدور الأساسي كمستهلك أول .تمتلك البكتيريا الهوائية نظاماً أنزيمياً يمكّنها من أكســـدة

---

[*]المصدر : محمـــد بن إبراهـــيم الغنـــيم ندوة المياه

المواد العضوية في وجود الأكسجين مع إطلاق مقادير مناسبة من الطاقة كما في التالي(Electron donor (Organic Substrate) + O2 (Electron Acceptor

ينتج منها .Biomass + CO_2 + H_2O + Metabolites + Energy

لكن التفاصيل الدقيقة للهضم الهوائي في عملية الـ (Aerobic Composting) تظل معقدة في ظل التعاقب الميكروبي المعقّد، ويمكن إجمالها كالتالي :

في البداية تعتبر البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة (Mesophillic Bacteria) أول المستعمرين وتحتاج إلى فترة من الزمن للتأقلم والاستيلاء على الوسط ثم تبدأ درجة حرارة الوسط بالارتفاع نتيجة لتولد الطاقة أثناء التنفس الهوائي لها حتى تصل إلى درجات حرارة مرتفعة تناسب البكتيريا المحبة لدرجات الحرارة المرتفعة (Thermophillic Bacteria) والتي تعقب البكتيريا المحبّة لدرجات الحرارة المتوسطة (Mesophillic Bacteria) على هذا الوسط وتحتل جميع أنحاء الكومة ولكن مع استمرار ارتفاع درجات الحرارة تصل إلى ٦٥ْم وعندئذ يحصل تثبيط لكثير من الكائنات الحية الدقيقة المعرضة لهذه الحرارة العالية وقد لا يبقى منها إلا الأطوار المتحملة كالجراثيم(Spores) ، بعد هذه المرحلة تبدأ مرحلة الإنضاج حيث تنخفض درجة حرارة الكومة حتى تصل إلى درجة حرارة الجو المحيط بها وبعد ذلك يزدهر نمو بعض الفطريات والاكتينومايسيتس (Actinomycetes) ويشاهد النمو على سطح الكومة حين تكتسي بألوان المستعمرات البيضاء والرصاصيّة، ومن الأجناس المشهورة من الفطريات تجد الـ (Aspergillus) ومن الاكتينومايسيتس نجد الـ (Thermoactinomyces) و (Streptomyces) ،بعد ذلك تصبح كائنات المستهلك الأول (البكتيريا والفطريات) ضحية لافتراس الأوليات والخنافس والديدان حيث تسود هذه الكائنات وتزدهر في هذه المرحلة .إن الممرضات المنقولة ببراز الإنسان والتي استطاعت البقاء في النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي يمكن أن تتعرض للقتل أثناء عملية الـ (Composting)

بفعل عدة عوامل، وأكبرها أثراً الحرارة المتولدة من النظم الميكروبية المولدة للحرارة وقد تبين أن طرق الـ (Composting)المولدة للحرارة لها قدرة على تحطيم الكثير من الممرضات.

العديد من النظم الأنزيمية تتحطم بالحرارة العالية كما يحصل لبكتيريا السالمونيللا (Salmonella spp)حيث تتأثر فيها أنزيمات مثل Dehydrogenase أو Catalaseو Peroxidase بالأكسدة الحرارية.

لاحظ (De Bertoldi et al., 1983) أن إجراء عملية الـ (Composting)مع نشارة الخشب يخفض مقادير السالمونيللا والقولونيات البرازية إلى حدود منخفضة جداً بعد ٢٨ يوماً من العملية المستمرة وأن درجات الحرارة الأعلى من50° م لعدة ساعات تقضي على كثير من الممرضات ، كما وجد أن نسبة البكتيريا الممرضة إلى إجمالي عدد البكتيريا في بيئة الـ (Compost)ضئيلة جداً وعليه فإن قدرتها على المنافسة في هذه البيئة ضعيفة لأنها ليست بيئتها الطبيعية وقد اعتبر أن التنافس ودرجة الحرارة هما أهم عاملين في خفض أعداد الممرضات البكتيرية في هذا الوسط.

كما أن التعاقب الميكروبي يعكس تغير ظروف الوسط من جهة ومن جهة أخرى سعة التنوع الميكروبي فيه وهذا يكشف تعرض البكتيريا لظروف تغير الوسط البيئي والتضاد الميكروبي أو الافتراس من قبل الكائنات الحية الأخرى.

وجد الباحث (Redlinger et al., 2001) أن التجفيف والتعرض لأشعة الشمس الذي يحصل للوسط أثناء عملية الـ (Composting)لها أثر فعال على خفض أعداد القولونيات البرازية إلى مستويات يمكن معها إعادة استخدامه بأمان صحي .

إن وصول عملية الـ (Composting)إلى المستوى الذي يحصل معه التطهير والتأثير على الممرضات مرتبط بعوامل عدة بدونها قد لا ترتفع درجة الحرارة إلى المستويات المطلوبة أو قد لا يحصل التعاقب الميكروبي الفعّال في التضاد

الميكروبي وهكذا، ومن هذه العوامل اتزان المغذيات في المفاعل الحيوي (كومة النفايات التي يجري لها الـ (Composting ويقصد بذلك نسبة الكربون إلى النيتروجين على الأخص ويفضل فيها أن تكون ٢٥: ١، وكذلك وضع حبيبات أو أجزاء النفايات الصلبة لمحطة الصرف، وأيضاً التحكم في الرطوبة إذ أن انخفاضها عن ٦٠% قد لا يخدم البدء في العملية وبقاء الرطوبة في نهايتها قد يزيد من فرص بقاء الممرضات، ومن العوامل المهمة أيضا التهوية والتي تحتاج إلى ضبط حتى تفي باحتياج البكتيريا الهوائية التي يعول عليها في التثبيت ولا يجب أن تزيد إلى مقادير قد تتسبب في فقد الحرارة المتولدة داخل الكومة، كما أن الحرارة علاوة على أثرها التطهيري إلا أنها أيضاً تلعب دوراً هاماً في التحلل، والجدير بالذكر أن درجة الحرارة قد تتباين في أنحاء الكومة بحسب كفأة التقليب فالأجزاء القريبة من الجو الخارجي قد تحتفظ بمقادير من الممرضات لانخفاض درجة الحرارة عما هو عليه في داخل الكومة وذلك إذا لم تقلّب بشكل جيد، كما أن درجة تباين محتوى الكومة يتداخل مع توزيع الحرارة وبالتالي قد يقود إلى عدم تعرض الممرضات لدرجات الحرارة المطهرة، وغير ذلك من العوامل كدرجة الحرارة الخارجية والرياح والأمطار، وبهذا نجد أن هذه العملية قد يتحقق معها التثبيت وخفض المحتوى المائي والتطهير.

إن الحمل الوبائي للـ (Compost)لا يتوقف على الممرضات المنقولة له مع النفايات الصلبة لمحطة الصرف الصحي بل يتجاوز ذلك إلى الممرضات التي تنمو في بعض مراحل الـ (Composting)كالفطريات والاكتينومايسيتس والتي في ظروف معينة قد تؤدي الي إصابة للإنسان سواءً على مستوى العاملين في المصنع أو المتعاطين للمنتج، وقد سُجلت العديد من الإصابات الرئوية بفطر Aspergillus) (fumigates أو بالاكتينومايسيتس .إن الإخفاق في عملية التطهير أثناء ال (Composting)قد يؤدي إلى انتقال الممرضات إلى الإنسان والبيئة وبالتالي

حصول التلوث بالممرضات المنقولة بالبراز الموجودة في النفايات الصلبة لمحطـــة الصرف الصحي.

٣- دخول الحمأة الجافة في الصناعة (صناعة الطوب والآسمنت والزجاج)

حيث تعد الحمأة الجافة من المواد المالئة الجيدة للطوب والاسمنت كما انها تزيد من محتوي المواد الصلبة فيهما وهناك فائدة اخري لاستعمال الحمأة في صناعة الطوب والاسمنت، حيث يتم التخلص من العناصر الثقيلة المتضمنة للحمأة بطريقـــة أمنـــة بادخالها في صناعة الطوب والأسمنت.

وقدنجح بعض الباحثين من الحصول علي بلاطات ارضية مصقولة بحرق رمـــاد الحمأة عند درجات عالية.

ولقد تحقق بعض النجاح في عملية التزجيج ، اي ادخال الحمأة الجافة في عمليـــة صناعة الزجاج ويتم ذلك في درجات حرارة عالية .

دخول الحمأة في صناعة طوب البناء الخفيف

ويتم في هذه الطريقة أستخدام الحمأة مع الطفلة والفحم النباتي بنسبة ٢٥% : ٥٠%:٢٥% علي التوالي وبعد عملية الخلط الجيد يتم صبها في قوالب ذات ابعاد ٢٥ x١٢ x٦ سم وتترك لتجف بعيدا عن الشمس المباشرة ثم تحرق هذه القوالب داخل افران في درجات حرارة من ٦٥٠ الي ٨٥٠ مئوية وبذلك يمكن القضاء علي الكائنات الممرضة بالحمأة ، ويكون قالب الطوب الطفلي الناتج اقل كيلوجرام واحد عن نظيره من الطوب الطفلي التقليدي ويستخدم القالب الناتج في بناء الحوائط الحاملة والحوائط المائلة وكذلك بديل للطوب المفرغ المستخدم في عمل الاسقف بالاضافة الي صغر معامل التوصيل الحراري للطوبة الناتجة وبذلك تصلح في تبطين أنواع معينة من الافران وفي بناء المساكن في المناطق القريبة من خط الاستواء نظرا لما تمتاز به من خاصية العزل الحراري الجيدة .

الباب الخامس

تطبيقات عمليّات المعالجة

٥-١. عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف

٥-١-١. المعالجة التمهيدية.

٥-١-٢.المعالجة الابتدائية.

٥-١-٣. المعالجة الثانوية.

٥-١-٤.المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة).

٥-١-٥.معالجة مياه الشبكات المجمعة.

٥-١-٦.معالجة المواد السامة وازالة الملوثات الخاصة.

٥-٢. المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف

٥-٢-١. المعالجة بالتربة والخزان الجوفي

٥-٢-٢. المعالجة اللامركزية لمياه الصرف

٥-٣.معالجة الحمأة

٥-٤.مثال تطبيقي عملي لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف

٥-٥. ازالة الملوثات من خلال مراحل المعالجة

٥-٦.طرق المعالجة مميزاتها وعيوبها

الباب الخامس

تطبيقات عمليّات المعالجة

ضمن محطات معالجة مياه الصرف الصحي ، تجمع العمليّات المذكورة سابقًا في عدة تشكيلات لتحقيق مستويات متعدّدة من المعالجة ويتم التكامل بين عمليات المعالجة وتشغيل وحدات المعالجة بصورة معينة وذلك للحصول علي مستوي ودرجة معينة من درجات معالجة . وتصنف هذه التشكيلات على النحو التالي : تمهيدية وأبتدائية وثانوية ومتقدّمة.

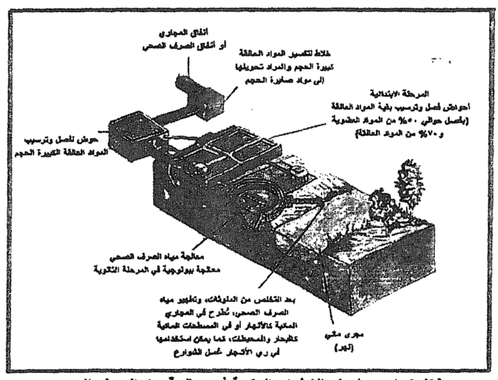
ويمكن تقسيم عمليات معالجة مياه الصرف الي عمليات تقليدية وهي تشمل المعالجة التمهيدية والابتدائية والثانوية وربما الثلاثية ايضا .والي عمليات غير تقليدية مثل عمليات المعالجة بالتربة والخزان الجوفي .

فتاريخيا يشار علي المعالجة التمهيدية و الأولية للمياه الي وحدات المعالجة الفيزيائية وتشمل المصافي الميكانيكية واحوض ازالة الرمال وأحواض الترسيب الأبتدائي ، بينما يشار الي المعالجة الثانوية الي المعالجة البيولوجية والكيميائية وتشمل أحواض التهوية وأحواض الترسيب النهائي والتطهير،والمعالجة المتقدمة أو الثلاثية فتعني دمج الثلاثة الفيزيائية والبيولوجية والكيمياوية معا في مشروع واحد.

٥-١. عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف

تشمل عمليات المعالجة التقليدية لمياه الصرف مجموعة من العمليات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لازالة المواد الصلبة والمواد العضوية وفي بعض الاحيان المواد المغذية من مياه الصرف .ولوصف درجات المعالجة للعمليات التقليدية يستخدم مستوي المعالجة التمهيدي لوصف العمليات التمهيدية Priliminary processes والمستوي الابتدائي للمعالجة الابتدائية Primary processes

ودرجة المعالجة الثانوية لعمليــات المعالجــة الثانويــة Secondary processes والمعالجة الثلاثية أو المتقدمة Tertiary processes.



شكل توضيحي لبعض الخطوات المتبعة في معالجة مياه الصرف الصحي

٥-١-١. المعالجة التمهيدية Preliminary Wastewater Treatment

تحضّر المعالجة التمهيدية مياه الصرف الداخلة بتخفيف أو نزع الخصائص التـــي يمكن أن تعوق عملية المعالجة أو تزيد كلفة صيانة المعدات في أسفل المجرى .ومن أهمّ تلك الخصائص التي تعوق عمليات المعالجة وجود أجسام صلبة كبيرة وحصى، وروائح، وحمولة عضوية عالية جدًا في بعض الأحيان . وتشمل المعالجة التمهيديـــة عادة العمليات الفيزيائية كالتصفية والطحن لإزالة الصخور والحطام، وعملية نـــز ع الحصى، وعملية التعويم لنزع الشحوم، ومعادلة الدفق وعمليات مكافحة الروائح.

ويفصل ، في هذه المرحلة، ويزال ما تراوح بين ٥ و١٠ % من المواد العضـــوية القابلة للتحلل، بالإضافة إلى كمية تراوح بين ٢ و٢٠ % من المواد العالقة الأخرى. ولا تُعد إزالة هذه النسبة من الشوائب، كافية لإعادة استعمال الماء، فـــي أي مـــن الأغراض. لذا، فإن الماء الناتج من هذه المرحلة، ينقل إلى المرحلة التالية.

والجدول التالي يبين نوعية مياه الصرف بعد المعالجة التمهيدية

جدول ٥-١

نوعية مياه الصرف بعد المعالجة التمهيدية

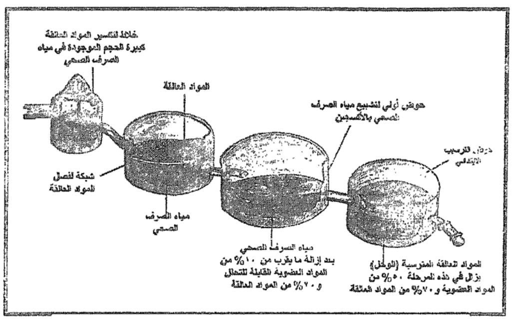
الخصائص	مياه الصرف الخام	بعد المعالجة التمهيدية
الاكسجين الحيوي المستهلك BOD5	١١٥	٧٥
الكربون العضوي الكلي TOC	٦٥	٤٠
مواد صلبة عالقة	١٨٥	٧٥
النتروجين الكلي	٤٣	٣٥
الفسفور الكلي	١١	٧

٥-١-٢.المعالجة الابتدائية Primary Wastewater Treatment

تشمل المعالجة الابتدائية أزالة الأجسام الصلبة العالقة والمـــواد العضـــوية جزئيًـــا باستخدام العمليّات الفيزيائية كالتصفية والترسيب . ويمكن استعمال التهوية المسبقة و التلبّد الميكانيكي بالمضافات الكيميائية لتحسين المعالجة الابتدائية التي تسبق المعالجة الثانوية . وتستهدف المعالجة الابتدائية إنتاج سائل مناسب للمعالجة البيولوجية وفصل الأجسام الصلبة بشكل حمأة يمكن معالجتها بطريقة سهلة واقتصاديّة قبـــل صـــرفها نهائيا.

وفي المعالجة الأبتدائية يتم التخلص من جزء كبير من المـــواد العالقـــة والمـــواد العضوية من مياه الصرف (حوالي من ٥٥ - ٦٠% من المواد الصلبة العالقة و ٣٠-٣٥ % من الأكسجين الحيوي المستهلك).

وتحتوي المياه الخارجة من المعالجة الابتدائية على كثير مـــن المـــواد العضـــوية ومستوى مرتفع من الطلب البيولوجي على الأكسجين.



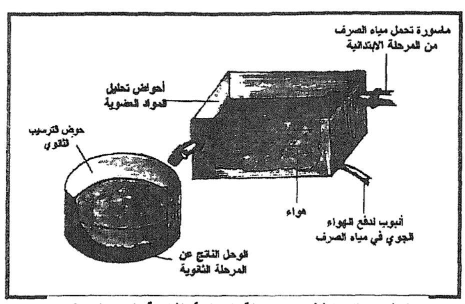
كل ٥٥-أ مخطط يبين مرحلة المعالجة التمهيدية والابتدائية لمياه الصرف

٥-١-٣. المعالجة الثانوية Secondary Wastewater Treatment

تعرف المعالجة الثانوية بانها مجموعة من عمليات ووحدات المعالجـــة المتصـــلة ببعضها بهدف التخلص من نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ونسبة كبيرة من المواد العالقة الصغيرة في الحجم نسبيا والتي لـــم تترســـب فـــي وحدات المعالجة الأبتدائية مثل وحدات الترسيب الابتدائي (حيث يمكننا ازالة اكثر من ٩٥% من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا في المعالجـــة الثانويـــة) . ، واكثر من ٩٦% من المواد العالقة.

ويضمّ هذا النوع من المعالجة العمليّات البيولوجيــة كالمعالجــة بالحمــأة المنشــطة والمفاعلات ذات الغشاء الثابت، وأنظمة البحيرات والترسيب.

ويعد التطهير والتعقيم من وحدات وعمليات المعاجة الثانوية في كثير من محطات المعالجة بينما يعتبره البعض من عمليات المعالجة الثلاثية او المتقدمة.



شكل ٥-٢ مخطط يبين مرحلة المعالجة الثانوية لمياه الصرف

٥-١-٤. المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصــة) Advanced Wastewater Treatment

تعرف عمليات المعالجة المتقدمة بانها درجة خاصة من درجات المعالجة والتي تلي وتتبع عمليات المعالجة التقليدية الثانوية لازلة بعض المكونات والملوثات في مياه الصرف مثل المغذيات والمواد السامة واية معدلات عالية غير طبيعية من المواد العضوية والمواد العالقة.

وفي هذه المرحلة، يُجرى عديد من العمليات الكيماوية والفيزيائية، للــتخلص مــن مختلف الملوثات، التي لم يُتخلص منها فــي المراحــل الســابقة مثــل الفســفور،

والنيتروجين، والمواد العضوية الذائبة، وبعض العناصر السامة. وينتج عن هذه المرحلة ماء على مستوى عال من النقاء؛ إذ يُزال نحو ٩٩,٥ % من المواد العالقة الصلبة، والنيتروجين، والفوسفور، والزيوت العالقة والدهون . وتتضمن هذه العمليات: التخثر الكيماوي، والترسيب، الترويب بالكيماويات و التزغيب والطفو والترسيب الذي يلي الترشيح والترشيح الرملي، والامتصاص الكربوني، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي .

وتُضاف مركبات الحديد والألومنيوم والكالسيوم، إلى ماء الصرف الصحي، فينتج، عند ذلك، تغير في صفات الماء، بما يؤدي إلى تلاصق الجسيمات، العالقة في سائل الصرف الصحي، بعضها ببعض، مكونة كتلاً صلبة أكبر حجماً، تترسب، فيُتخلص منها. وتسمى هذه العملية "عملية التخثر الكيماوي بغرض الترسيب" (Chemical Coagulation and Sedimentation).

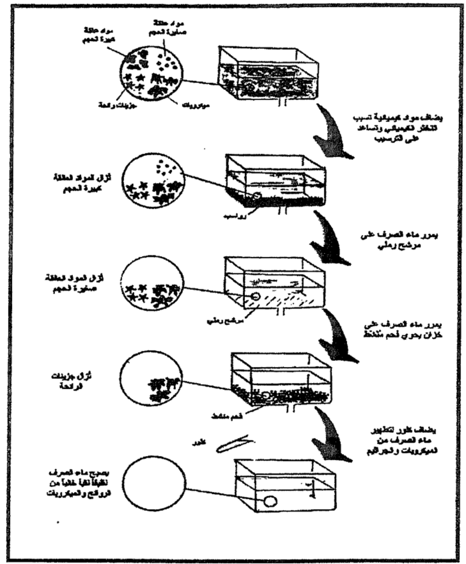
ثم يمرر سائل الصرف الصحي، على مرشحات، تحتوي على طبقات من الرمل، سمكها نحو نصف متر. وتسمى هذه العملية "عملية الترشيح الرملي" (Sand Filtrating).

وللتخلص من الروائح الكريهة، يمرر سائل الصرف الصحي، على خزانات، تحتوي على الفحم المنشط، الذي يتحد بجزيئات الرائحة الكريهة. ويتبقى، في النهاية، أملاح، بتركيزات عالية، يُتخلص منها بعمليات التبادل، الأيوني والأسموزي العكسي.

وتتم عمليات التبادل الأيوني والتناضح العكسي لازالة وتخفيض نسبة الاملاح الذائبة ، وتستخدم المعالجات المتقدمة الخاصة في حالات وتطبيقات منها كثيرة من اعادة وتدوير مياه الصرف للاستصلاح الزراعي وشحن المخزون الجوفي بالماء واستخدام المياه الناتجة في التبريد والصناعة.

ولقتل الميكروبات المعدية، يوضع الكلور، بتركيز ١٠٠ ملجم/ لتر لمدة تراوح بين

١٥ و ١٢٠ دقيقة. وبذلك، يتحول سائل الصرف الصحي ، إلى مياه علـــي درجـــة عالية من النقاء خالية من السمية والعدوى.



شكل ٥-٣ مخطط يبين مرحلة المعالجة المتقدمة لمياه الصرف

٥-١-٥.معالجة مياه الشبكات المجمعة Treatment of Combined Sewer Overflows

الشبكة المجمعة تتالف من المياه المتجمعة من شبكة السيول والمطار ومياه الصرف الصحي العامة ، وهذا الخليط من مياه السيول والمجاري المنزلية يكون غالبا فيه تركيز الملوثات أقل من تركيزها في مياه الصرف الصحي المنزلية او مياه الصرف الصناعي اي تكون مخففة نسبيا ،وهذا يتوقف غالبا علي كمية الامطار الساقطة علي المدينة والمتجمعة في الشبكة العامة .

ومعالجة مياه الشبكات المتجمعة تختص وتركز علي التخلص من المواد العالقة والكائنات المسببة للمرض لانخفاض نسبة المواد العضوية في هذه المياه . ويتم التخلص من المواد العالقة بأحواض إزالة الرمال ثم الترسيب ويعقبها التطهير والتعقيم بالكلورة .

٥-١-٦.معالجة المواد السامة وازالة الملوثات الخاصة Toxic Waste Treatment / Specific Contaminant Removal

هناك أنواع من مياه الصرف تحتوي علي مواد ذات سمية أو ملوثات خاصة مثل أنواع الصرف الصناعي التي تنتج كثير من العناصر السامة والعناصر شديدة التلوث والتي لها اثار بيئية شديدة علي محطات الصرف الصحي لو تسربت اليها بالاضافة الي انه يلزم لمعالجتها طرق وعمليات خاصة بكل مجموعة من الملوثات. تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة في عمليات المعالجة ؛ فضلا عن اثارها المدمرة علي البيئة وخاصة البيئة المائية.

.ويزيد من صعوبة التحكم في هذه المواد العوامل الأتية :-

١- تنوع المواد السامة وكثرتها.

٢- صعوبة الكشف عن الملوثات السامة وتحديدها وخاصة اذا كانت مركبات كيمائية معقدة وذات وزن جزيئي كبير.

٣- عدم توافر الخواص الكيمائية الدقيقة لمركبات كثيرة من المواد السامة

٤- صعوبة التنبؤ بنتيجة الموثرات المحتملة لخليط من المواد السامة وخاصة علي المدي القصيرأو المتوسط .

والمخلفات التي تنتج من الأنشطة الصناعية المختلفة لابد ان تدخل مرحلة معالجة تمهيدية ثم ابتدائية قبل ان تصرف هذه المخلفات علي شبكة المجاري العامة ، حيث ان كثير من العناصر السامة الموجودة في هذه المخلفات يمكن ان تعيق المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي اذا صرفت علي الشبكة العامة قبل المعالجة.

فمثلا المواد السامة مثل العناصر الثقيلة تدخل مرحلة معالجة فيزيائية وكيميائية مثل الترويب والتجميع أو الطفو أو الترسيب والترشيح حتي يتم تخفيض تركيزها بدرجة كبيرة قبل المرور علي المعالجة الثانوية التقليدية مثل العمليات البيولوجية .

والمياه التي تحتوي علي مركبات كربونية متطايرة يمكن معالجتها بالتهوية أو الأدمصاص علي الكربون المنشط ، ونسبة قليلة من الملوثات الصناعية يمكن ازالتها بالتبادل الأيوني وذلك في ظروف خاصة.

٥-٢. المعالجة الغير تقليدية لمياه الصرف

الطرق الغير تقليدية لمعالجة مياه الصرف تتميز بانها طرق غير معقدة وتستغل الظروف الطبيعية لازالة كثير من الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي .

ومن اشهر تلك الطرق معالجة مياه الصرف بالتربة والخزان الجوفي.

٥-٢-١. المعالجة بالتربة والخزان الجوفي

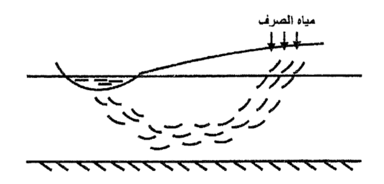
الوسط المسامي له قدرة علي الترشيح الطبيعي للمياه فتعمل التربة علي حجز الملوثات الدقيقة المحمولة مع جزيئات الماء والتي تحتجز علي مستوي الطبقات العليا للتربة حسب خصائصها (السمك – المسامية – ابعاد الحبيبات – معامل النفاذية).وعنما تتوفر الظروف المناسبة للتربة فان الشحن الجوفي خلال احواض الترشح Infiltration Basin يمكن ان يكون فعالا في إزالة وحجز كثير من

الملوثات الموجودة في مياه الصرف بترشيح المياه المعالجة جزئيا في التربة لتتحرك الى الخزان الجوفي . ويتم ذلك عندما تمر المياه خلال طبقات التربة والتي تعمل كمرشح طبيعي حيث تزيل كل من المواد العالقة والمواد القابلة للتحلل البيولوجي والبكتريا والفيروسات بالاضافة الي خفض للنتروجين والفسفور والمعادن الثقيلة .وبعد مرور مياه الصرف خلال التربة ووصولها للخزان الجوفي فحركة المياه خلال الخزان الجوفي توفر تنقية إضافية للمياه فيعمل كل من التربة والخزان الجوفي كمرشحات طبيعية .

وهذ النظام من المعالجة هو نظام جيد فعال نظرا لان المياه المسحوبة تكون رائقة وخالية من الروائح بالاضافة الي انها تسحب من بئر وليس من ماسورة صرف أو من محطة معالجة مياه صرف لهذا فان المياه تكون قد فقدت دلالة وخواص مياه الصرف

<u>انواع المعالجة بالتربة والخزان الجوفي</u>

توجد انواع مختلفة من من نظم المعالجة بالتربة والخزان الجوفي منها النظم الاتية:

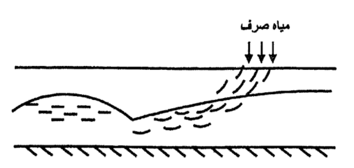


شكل ٥-٤ مخطط لنظام المعالجة بالتربة والخزان الجوفي المنخفض

أ- نظام المساحة المنخفضة

هو أبسط انواع المعالجة وهو عبارة عن القاء المياه المعالجة علي احواض ترشح علي ارض مرتفعة حيث تتحرك المياه خلال التربة الي اسفل لتصل الي الخزان

الجوفي الي مساحة منخفضة . هذه المساحة المنخفضة يمكن ان تكـون منـخفض طبيعي أو منطقة نز للمياه أو ينبوع أو مجري. وهذا النظام يعمل علـي خفـض التلوث للمياه السطحية بلا من صرف مياه الصرف مباشرة الي مجـري مـائي أو بحيرة.



شكل ٥-٥ مخطط لنظام المعالجة بالتربة والخزان الجوفي

ب- نظام المساحة المنخفضة مع التجميع

وهو يشبه النظام السابق فتلقي المياه في احواض ترشح علي مستوي مرتفع لتعالج بالتربة - الخزان الجوفي ومياه الصرف المعالجة تجمع بواسطة مصـفاة تجميـع زراعية مكما في حالة الصرف الزراعي للارض الزراعية .

٥-٢-٢. المعالجة اللامركزية لمياه الصرف كاحد التقنيات الغيرتقليدية للمعالجة

من الطرق الحديثة لمعالجة مياه الصرف هي الطرق اللامركزية لمعالجة وتدوير مياه الصرف وتتميز المعالجة اللامركزية بالاتي :

١. صغر المساحة اللازمة للمشروع ككل مما يوفر مساحة كبيـرة مـن الارض غالية الثمن .
٢. التكاليف الاقتصادية للمشروع ليست كبيرة.
٣. سهولة التشغيل والصيانة .
٤. عدم الحاجة الي عمالة كثيرة لادارة المشروع .
٥. أمكانية استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة .

٦. ٦-هناك قيمة اقتصادية مضافة تتمثل في استخدام المياه المعالجة في الزراعة -المزارع السمكية وانتاج السمك - عمليات النظافة .

٧. القيمة الاقتصادية من استخدام السماد العضوي المنتج في تسميد الارض الزراعية.

مثال لاحد المشاريع اللامركزية لمعالجة مياه الصرف لاحد الفنادق

تتكون محطة المعالجة من ثلاث اجزاء رئيسية متصلة ببعضها

١- الجزء الاول عبارة عن حوض تتم فيه عمليات النترتة Nitrification وعكس النترتة Denitrification حيث تتم ازالة النتروجين والمواد النتروجينية من خلال عمليات النترتة وعكس النترتة والتي يتم التحكم فيها من خلال نظام حقن الهواء او وقف التهوية.

٢- الجزء الثاني يتكون من صفين او عامودين من المرشحات البيولوجية حيث يتم داخلهما الاكسدة البيولوجية للمواد العضوية فيحدث ازالة للمواد العضوية سواء بطيئة التحلل البيولوجي وسريعة التحلل البيولوجي .

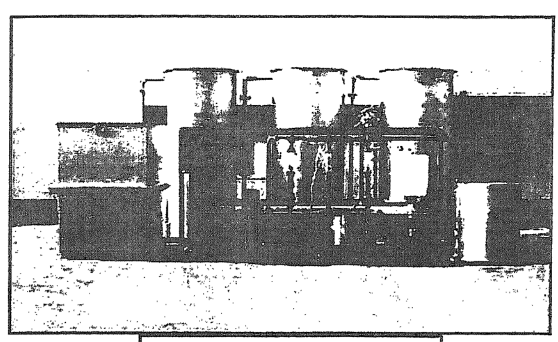
٣- الجزء الثالث يتكون من غشاء يسمي غشاء الترشيح الفائق جد Nanofilter فيتراوح مسامه بين ٠,٠٠١ الي ٠,٠١ ميكرون يحجز المواد العالقة و البكتريا والفيروسات والمواد الناتجة عن ايض الكائنات الممرضة وبعض الأيونات مثل الأيونات الكبيرة (الحديد و المنجنيز) والعناصر الثقيلة والمبيدات ومبيدات الاعشاب وكثير من المواد العضوية صعبة التحلل وعملية الترشيح الفائق هي عملية فيزيائية تعتمد علي حجز الملوثات يالترشيح خلال المسام الميكرونية الدقيقة جدا.

ويلاحظ ان المشروع يعتمد علي المعالجة الفيزيائية والبيولوجية دون الحاجة الي إضافة كيماويات مما يقلل من التكلفة ويقلل من مخاطر تولد كيماويات ضارة بيئيا .

والجدول التالي يبين نسب أزالة الملوثات خلال الثلاث مراحل من مشروع المعالجة ومجال استخدام المياه الناتجة عن كل مرحلة .

جدول ٥-٢

Description of the Decomposition	Unit	Module1	Module2	Module3 nanofiltration unit
Capacity / Day	m^3	100	100	100
Organic substances (quick decomposition)		5%٨>	%٠>9	%٩٥
Organic substances (slow decomposition)		>60%	>80%	>90%
Organic substances (indecomposable)		0%	0%	>90%
Metabolites		0%	0%	90-95%
Ca, Mg		0-10%	0-10%	>80%
Sulphate		0%	0%	>80%
Ammonia		>95%	>99%	100%
Nitrite		>95%	>99%	100%
Nitrate		>50%	>70%	>90%
Phosphate		0-10%	0-10%	>99%
EDTA		0-10%	0-10%	>99.9%
Bacteria		>99%	99.9%	100%
UDG (Germ Developing Units)	Germs / ml	10^6	10^3	0
Viruses		>99%	>99.9%	100%
BOD		>90%	>95%	97%
COD		>50%	>90%	>96%
Particles		>98%	>99.5%	100%
Application		Discharge into lakes and rivers	Irrigation, toilet, cooling water, process water	pools, shower, laundry



صورة لمشروع المعالجة اللامركزية سعة ٤٠٠ م٣

٥-٣.معالجة الحمأة Sludge Processing

تحتوي حمأة المجاري على أجسام صلبة عضوية وغير عضوية توجد أصلا في المخلفات والفضلات الخام وتنزع خلال التصفية الأوليّة، وعلى أجسام صلبة عضوية تنتج خلال المعالجة الثانوية أو البيولوجية وتنزع في مرحلة التصفية الثانوية أو التكثيف المنفصل . وتتخذ الحمأة شكل سائل أو سائل شبه صلب تتراوح فيه نسبة المواد الصلبة بين ٠,٢٥و ١٢ في المائة من الوزن، حسب عمليّة المعالجة المستخدمة .وتعتبر عمليات مناولة ومعالجة وصرف الحمأة معقدة بسبب المحتويات الكريهة الموجودة فيها والتي تتغيّر حسب مصدر مياه الصرف وعمليّات المعالجة المطبّقة . وتستخدم عمليّات التكثيف والتكييف ونزح المياه والتجفيف لنزع الرطوبة من الحمأة، بينما تستخدم عمليّات الهضم والتسميد والحرق و الأكسدة بالهواء الرطب والمفاعلات ذات الماسورة الرأسية لمعالجة الحمأة أو تثبيت المواد العضوية فيها.

ولابد من الاخذ في الاعتبار ومراعاة طرق معالجة الحمأة الصلبة في تصميم محطات الصرف الصحي حيث ينتج من عمليات المعالجة كميات من المواد الصلبة في صورة حماءة نشطة يجب معالجتها وتثبيتها للحصول علي مواد ثابتة يمكن الأستفادة منها كسماد او يمكن التخلص منها بصورة امنة بيئيا .

وعموما فان معظم مشروعات معالجة مياه الصرف تشمل بعض أو كل من مراحل المعالجة التي يوضحها الجدول التالي:

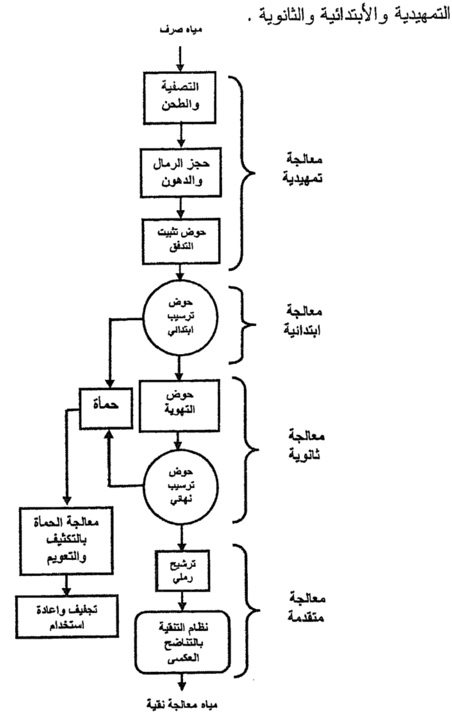
جدول ٥-٣

مراحل معالجة مياه الصرف

المعالجة التمهيدية(الاولية)	يتم التخلص وازالة المواد الثقيلة والكبيرة الحجم بالطرق الفيزيائية والطبيعية.
المعالجة الأبتدائية	يتم ترسيب المواد العالقة وبعض المواد العضوية وازالة المواد الطافية.
المعالجة الثانوية (البيولوجية)	اكسدة وتثبيت المواد العضوية الذائبة وتحويلها الي نواتج نهائية ثابتة بسيطة.
المعالجة الثلاثية (المتقدمة)	ازالة بعض الجسيمات والمواد الدقيقة واستعادة لبعض العناصر الموجودة في المياه وتنقية اكثر للمياه الناتجة.

معظم مشاريع المعالجة لمياه الصرف الصحي والتي تصرف فيها المياه المعالجة بصورة امنة بيئية علي المسطحات البيئية أو تستخدم المياه المعالجة في الري أو الزراعة فانها تتكون من وحدات تمهيدية وابتدائية فيزيائية ثم يتبعها معالجة بيولوجية (كاحد أهم المراحل الثانوية للمعالجة) أما استخدام المراحل المتقدمة الثلاثية فذلك يتم بصورة قليلة في مشاريع معالجة مياه الصرف الصحي ويتم تحت ظروف خاصة .

والشكل التالي لمخطط يصف مشروع معالجة مياه الصرف الصحي به المراحـــل التمهيدية والأبتدائية والثانوية .



شكل ٥-٦ مخطط لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف يبين مراحل المعالجة المختلفة

مراحل المعالجة وتخفيض الحمل الوبائي

١- خلال مرحلة المعالجة التمهيدية(الاولية) تنخفض تركيز وكميات الكائنات الممرضة بنسبة بسيطة لا تتجاوز ١٥ % اذا تنحصر وظيفة ودور هذه المرحلة في التخلص و إزالة المواد الثقيلة والكبيرة.

٢- في مرحلة المعالجة الأبتدائية تنخفض الممرضات بدرجة معقولة اذا يزيل الترسيب الأبتدائي ٢٥- ٧٥ % من البكتريا و ٨٠-٨٥ % من الفيروسات والديدان.

٣- خلال المعالجة الثانوية (البيولوجية) يتم إزالة اكثر من ٩٥% من الكائنات الممرضة .

٤- في المعالجة الثلاثية (المتقدمة) تصل نسبة الازالة للكائنات الممرضة الي اكثر من ٩٩,٩٩% .

٤-٥ .مثال تطبيقي عملي لاحد مشاريع معالجة مياه الصرف

المثال التالي هو مثال لمشروع صرف صحي متكامل يعمل بنظام الحمأة النشطة التقليدية روعي فيه المعايير البيئية والاقتصادية والاسس الفنية ، والشكل التالي يمثل نموذجا لمحطة صرف صحي تشمل أنواع المعالجة الثلاثة الفيزيائية والبيولوجية والكيميائية.

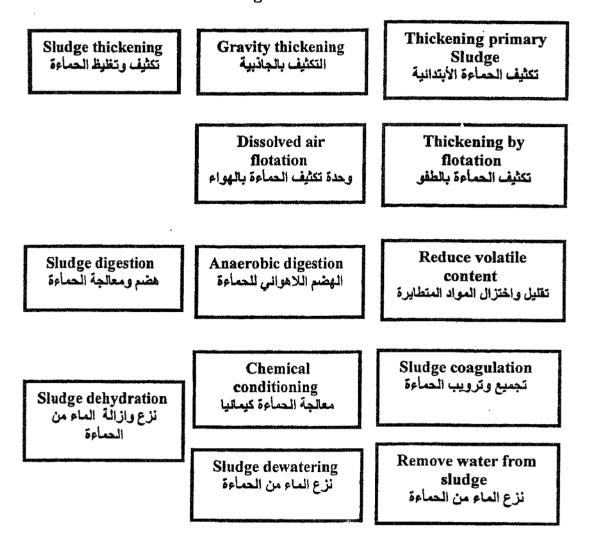
وهي لمحطة داخل جمهورية مصر العربية بسعة تنقية ٨٠٠ الف متر مكعب يوميا ، وتتم المعالجة في تلك المحطة بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية ، وتحتوي علي الوحدات التمهيدية والأبتدائية والمعالجة الثانوية البيولوجية .

كما تتميز باحتؤاها علي أحواض للترسيب الأبتدائي ، ووجود الهاضمات اللاهوائية لهضم وتثبيت الحمأة وتحويلها الي مكونات يسهل الأستفادة منها.كما يتم التطهير بغاز الكلور للمياه المعالجة . ويتم تشغيل جزء من طاقة المحطة الكهربية عن طريق غاز الميثان المتولد من هضم الحمأة والذي يدار به مولدات كهربية تمد المحطة ب٦٠ % من طاقتها.

معالجة مياه الصرف
Wastewater Treatment

Treatment Type نوع المعالجة	Treatment Name طريقة المعالجة	Function الغرض من المعالجة
Pre-treatment معالجة تمهيدية	Screening التصفية الميكانيكية	remove roots, rags, cans and large debris. ازالة فروع الاشجار وقطع الصفيح والصخور الكبيرة
	Grit and grease removal ازالة الرمال والدهون	Rremove sand ,gravel and grease ازالة الرمل والحصي والدهون
	Flow metering	Measure and record flow قياس معدل التدفق اليومي
Primary - treatment معالجة ابتدائية	Sedimentation and flotation الترسيب والطفو	Remove settlable and floatable materials ازالة المواد القابلة للترسيب والطفو
Ssecondary - treatment معالجة ثانوية	Activated Sludge طريقة الحمأة المنشطة	ازالة المواد العالقة والمواد القابلة للتحلل بيولوجيا
	Desinfection التطهير	Kill pathogenic organisms قتل الكائنات الممرضة

معالجة الحماءة (الرواسب)
Sludge Treatment



شكل ٥-٧ مخطط لكافة عمليات معالجة مياه الصرف ومعالجة الحماءة

وصف لمراحل معالجة للمشروع

في هذه المشاريع من مشاريع المعالجة تعتمد علي المعالجـة البيولوجيـة لميـاه الصرف بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية ، حيث صممت شبكة المجـاري بحيـث تجمع مياه المجاري وتحفظ سريانها بسرعة لا تقل عن ٦٠ سم في الثانيـة حتـي

يمكن حمل المواد الثقيلة مثل الرمل والطمي والزلط الي محطة المعالجة دون ان تترسب في مواسير الشبكة .

تدخل مياه المجاري محطة المعالج بعد رفعها بطلمبات رفع قوية وضخها في شبكة المجاري حتي تصل لمحطة المعالجة حيث تجمع المجاري من محافظة القاهرة .

وتمر المياه عند دخولها المحطة الي وحدات ضخ المدخل حيث يتم رفعها بطلمبات حلزونية وتضخ الي وحدات المعالجة التمهيدية والتي تتكون من مصافي ميكانيكية تنظف اتوماتيكيا والتي تقوم بازالة فروع الاشجار وقطع الصفيح والصخور الكبيرة ،ثم وحدات حجز الرمال والحصي وازالة وحجز الدهون، والرمال التي حجزت في احواض حجز الرمال تمر علي وحدة تصنيف وغسل الرمال لشطفها وغسلها من المواد العضوية التي قد تكون التصقت و علقت بها والدهون التي طفت وتجمعت من وحدات حجز الدهون يتم التخلص منها والقاؤها بطرق مناسبة.

وتمر مياه الصرف الصحي التي مرت علي وحدات المعالجة التمهيدية الي محطة ضخ ورفع ، حيث تضخ المياه الي وحدات الترسيب الأبتدائي الدائرية الشكل وهي من وحدات المعالجة الأبتدائية ، وداخل احواض الترسيب الأبتدائي يتم ترسيب المواد القابلة للرسوب والمواد الطافية في قاع الأحواض وتمر المياه الي وحدات وغرف توزيع تمهيدا لذهابها الي احواض التهوية وهي المفاعلات التي يتم فيها العمليات البيولوجية حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة باكسدة المواد العضوية في وجود الأكسجين(الذي يضخ من وحدات نافخات الهواء) ويقع عبء المعالجة الاكبر علي البكتريا الهوائية .

في احواض التهوية يتم مزج المياه القادمة من احواض الترسيب الأبتدائي بما فيها من غذاء (المواد العضوية) والحمأة القادمة العائدة من احواض الترسيب النهائي

والتي تحتوي علي حماءة نشطة بها ملايين من الكائنات الحيــة الدقيقــة النشــطة بيولوجيا (العمال)، ويعرف هذا الخليط بالسائل المخلوط .

ثم يخرج هذا السائل المخلوط من أحواض التهوية لينتقل الي أحواض الترســيب النهائي (المروقات) ،حيث تقوم الندف المتكونة المتجمعة مع بعضها بالالتصاق مع المواد العالقة الدقيقة الصغيرة مما يزيد من وزنها وتبدا في الرسوب بسهولة فــي المروقات تاركة المياه رائقة بما يعرف بالمياه المعالجة الناتجة .

المياه الرائقة الناتجة من المروقات تذهب الي وحدات التطهير بالكلور (الكلورة) حيث يتم حقن غاز الكلور في هذه المياه بمدة تلامس تتراوح من ٢٠ الي ٣٠ دقيقة ، وبعد تطهير المياه تصبح جاهزة لاســتخدامها فــي اغــراض متعــددة كــالري والزراعة.

مسار المواد الصلبة (الرواسب) وهي ما تعرف بالحمأة

الرواسب المتجمعة في قاع احواض الترسيب الأبتدائي تعرف بالحمــأة الأبتدائيــة تذهب الي وحدات التكثيف والتغليظ (المكثفات) حيث تكثف ويزاد تركيزها بفعــل الجاذبية الأرضية .

اما الرواسب المتجمعة في قاع احواض الترسيب النهائي يتم ضخها الي وحــدات تركيز الحمأة بالطفو (وهي وحدات يضغط فيها الهواء ويصبح هواء مضغوط يقوم بتعويم و بفصل الحمأة وتصعد لاعلي وتنزل المياه المفصولة الي اسفل وبهذا يــتم تكثيف الحمأة وزيادة تركيز المواد الصلبة بها عن طريق الهواء المذاب المضغوط.

الرواسب الصلبة التي تم تركيزها في المكثفات تلتقي مع الرواسب الصلبة التي تم تركيزها بالهواء المضغوط المذاب في حوض تجميع يسمي حوض الخلط ، ويــتم خلطها جيدا في هذا الحوض ، ثم تضــخ الــي وحــدات التخميــر (الهاضــمات اللاهوائية) لاختزال وتقليل المواد الصلبة المتطايرة من الحمأة الداخلة .

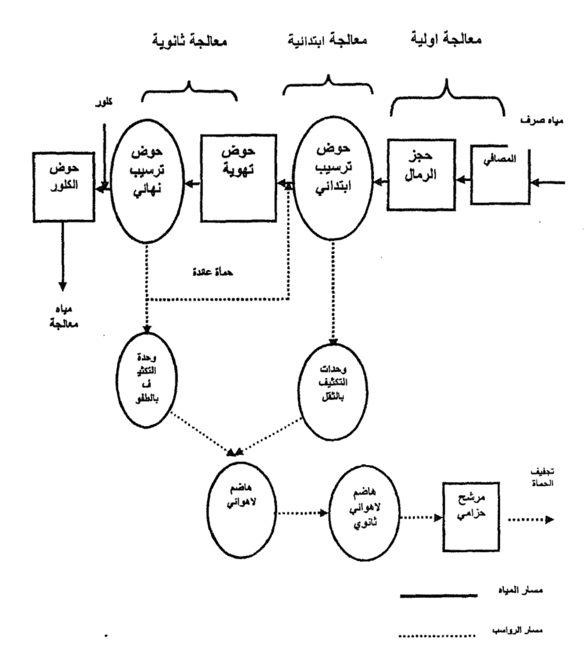
ويتم هضم الحمأة (الرواسب الصلبة) لاهوائيا بفعل البكتريا اللاهوائيـة وينـتج احماض عضوية كمرحلة اولي ثم تتحول تلك الاحماض الي غازات مثل الميثـان والذي يمثل حوالي ٧٠ % من مجموع الغازات المتكونة مثل غار ثـاني اكسـيد الكربون وغاز النتروجين وغاز الهيدروجين .

ويتم سحب هذه الغازات المتكونة من اعلي الهاضمات الي خزان تجميع الغازات ، ويستعمل غاز الميثان كوقود في المحطة فيقوم بتشغيل مولدات تدار بغاز الميثـان والكيروسين وبهذا يتم تشغيل ٧٠ % من طاقة المحطة باستهلاك غـاز الميثـان المتكون من الهاضمات .

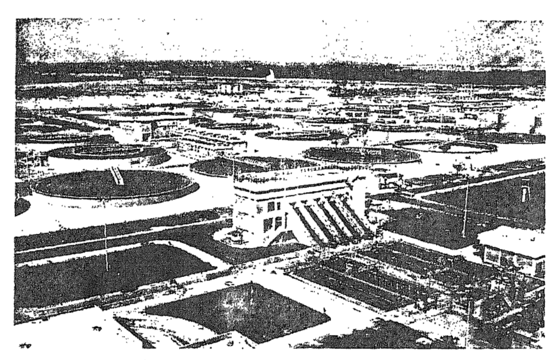
الحمأة الخارجة من الهاضمات اللاهوائية تذهب الي وحدات التجفيف بالمرشـحات المضغوطة لفصل الماء منها حيث تضغط في قوالب بعد اضافة مـواد كيمائيـة بوليمرات لسهولة تجميعها وفصل الماء منها .

تخرج الحمأة بتركيز ٢٥ % مواد صلبة جافة ، يتم الاستفادة منهـا فـي التسـميد والزراعة.

والشكل التالي يبين مخططا لعمليات المعالجة لمشروع صرف صحي متكامل بنظام الحمأة النشطة التقليدية.



شكل ٥–٨ مخطط لعمليات المعالجة لمشروع صرف صحي متكامل بنظام الحماة النشطة



صورة لاحد مشاريع الصرف الصحي المتكاملة

٥-٥. ازالة الملوثات من خلال مراحل المعالجة

في مراحل المعالجة المختلفة سواء كانت فيزيائية او كيميائية يتم تخفيض وازالة للملوثات العضوية وغير العضوية من مرحلة لمرحلة فمراحل المعالجة التمهيدية تزيل من ١٠ الي ١٥ % من الملوثات . ومرحل المعالجة الابتدائية تصل الازالة والتخلص من ٣٠-٤٠% وقد تصل الي ٦٠ % حسب مكونات مياه الصرف . وفي المراحل الثانوية يتم التخلص من ٩٠ % من الملوثات بينما تحقق المعالجة الثلاثية المتقدمة درجة ازالة تصل الي ٩٩ % .

ويبين الجدول التالي خواص المياه المعالجة الناتجة من عمليات المعالجة بدرجاتها المختلفة

جدول ٥-٤

خواص المياه المعالجة

طريقة أو درجة المعالجة Treatment process	الأكسجين الحيوي المستهلك BOD mg/l	المواد الصلبة العالقة T.S.S mg/l	البكتريا القولونية Coliform (Per 100 ml)	الأكسجين الكيمائي المستهلك COD mg/l
مياه المجاري الخام متوسطة الي قوية التركيز	٣٠٠	٢٧٠	١٠,٠٠٠,٠٠٠	٤٥٠
معالجة بالتصفية الدقيقة	٢٧٠-٢٨٥	٢١٥-٢٥٠	١٠,٠٠٠,٠٠٠	٤٠٥-٤٣٠
تطهير مياه المجاري الخام بالكلور	٢١٠-٢٥٥	-	١,٠٠٠,٠٠٠	-
ترسيب ابتدائي	١٨٠-٢٥٥	٩٠-١٦٠	٥,٠٠٠,٠٠٠	٢٩٠-٣٦٠
الترسيب الكيمائي	٤٥-١٥٠	٣٠-٨٠	٦,٠٠٠,٠٠٠	١٣٥-٢٧٠
المرشحات	١٥-١٥٠	٢٠-١٣٥	٨٠٠,٠٠٠	٩٠-٢٢٥
المعالجة بالحماة المنشطة + ترسيب نهائي	١٥-١٣٥	١٥-١٢٠	١٠٠,٠٠٠	٩٠-٢٢٥
المعالجة بالحماة المنشطة + ترسيب نهائي ثم ترشيح رملي	اقل من ١٠	اقل من ١٠	-	اقل من ٧٠
بحيرات الأكسدة مدة المكث اكثر من ٢٠ يوم	١٥-٣٠	١٥-٤٠	-	٩٠-١٣٥
تطهير المياه المعالجة بالكلورة	-	-	١٠-٢٠	-

ومن خلال الجدول السابق يمكن استنتاج ما يلي :

١- مرحلة التصفية الدقيقة تم ازالة :

- ٥-١٠ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- ٨ – ٢١ % من المواد العالقة.
- ٤-١٠% من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٢- تطهير مياه المجاري الخام بالكلور تم ازالة :

- ١٥-٣٠ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- ٩٠ % من البكتريا القولونية.

٣- مرحلة الترسيب الابتدائي تم ازالة :

- ١٥-٤٠ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- ٤١ – ٦٧% من المواد العالقة.
- ٥٠ % من البكتريا القولونية.
- ٢٠-٣٦% من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٤- عن طريق مرحلة الترسيب االكيميائي تم ازالة :

- ٥٠-٨٥ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- ٧٠ – ٨٨ % من المواد العالقة.
- ٤٠ % من البكتريا القولونية.
- ٤٠-٧٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٥- عن طريق التنقية بالمرشحات تم ازالة :

- ٥٠-٩٥ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- ٥٠ – ٩٢ % من المواد العالقة.
- ٩٢ % من البكتريا القولونية.
- ٥٠-٨٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٦- مرحلة المعالجة بالحمأة المنشطة ثم يعقبها ترسيب نهائي تم ازالة:

- ٥٥-٩٥ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- ٥٥ – ٩٤ % من المواد العالقة.
- ٩٩ % من البكتريا القولونية.
- ٥٠-٨٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٧- مرحلة المعالجة بالحمأة المنشطة ثم يعقبها ترسيب نهائي ثم ترشيح رملي تم ازالة :

- أكثر من ٩٧ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- أكثر من ٩٦ % من المواد العالقة.
- أكثر من ٨٤ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٨ - معالجة بالبحيرات الأكسدة مدة المكث اكثر من ٢٠ يوم يتم ازالة :

- ٩٠-٩٥ %من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا.
- ٨٥-٩٤ % من المواد العالقة.
- ٧٠-٨٠ % من الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٩-تطهير المياه المعالجة بالكلورة وفيها تم التخلص من اكثر من ٩٩,٩٩ % من البكتريا القولونية

٥-٦.طرق المعالجة مميزاتها وعيوبها

لكل طريقة من طرق معالجة مياه الصرف الصحي مميزاتها من حيث التشغيل والناحية الاقتصادية ومدي ملائمتها لاستخدامات معينة ، ولكل طريقة عيوبها والتي تحد من استخدامها في ظروف معينة. والجدول التالي يبين بعض طرق المعالجة ومميزات وعيوب كل طريقة .

جدول ٥-٥

طرق المعالجة المميزات والعيوب

طريقة المعالجة	المميزات	العيوب	مؤشرات التشغيل
المعالجة الاولية بالمصافي فقط	-إزالة الجزيئات العالقة الكبيرة الحجم وبالتالى تقليل الحمل العضوي - تجانس السريان	انسدادات -مشاكل من عدم التنظيف المستمر كتراكم بعض المواد امام المصافي	المواد العالقة الكلية
أحواض الترسيب	-سهولة التشغيل -ثبات عملية المعالجة (تقليل الحمل المفاجيء)	-قد يسبب عدم التحكم الصحيح على خزانات الترسيب إلى حمل زائد فى المواد الصلبة وBOD -تتطلب مساحة كبيرة	المواد العالقة الكلية الأكسجين الكيميائى الستهلك
الحمأة النشطة التقليدية	-تتطلب مساحة صغيرة -لاتوجد مشاكل من الذباب	-ارتفاع استهلاك الطاقة -تراكم الحمأة -تحتاج لعمالة ماهرة للتشغيل	MLSS – MLVSS- مستوي الاكسجين الذائب
التعويم بالهواء الذائب (DAF)	-إزالة كلا من الزيوت الحرة والمستحلبة -إزالة كلا من المواد الصلبة العائمة (الطافية) والراسبة وتكثيف الحمأة بالطفو -إمكانية إزالة جميع الجزيئات الصغيرة والخفيفة فى وقت قصير.	زيادة نسبية لكمية الحمأة النهائية	- الزيوت والشحوم - المواد العالقةالكلية -الأكسجين الكيميائى الممتص - المواد الصلبة الجافة

الباب السادس
إدارة مياه الصرف المعالجة

٦-١. مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة

٦-١-١.أولا الري والزراعة واستصلاح الأراضي الجديدة

٦-١-٢. ثانيا استخدام المياه المعالجة في الأنشطة الترفيهية

٦-١-٣.ثالثا استخدام المياه المعالجة في تغذية طبقات المياه الجوفية

٦-١-٤.رابعا الاستخدام الصناعي لمياه الصرف المعالجة

٦-١-٥.خامسا استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب

٦-٢.إعادة استعمال المياه الرمادية

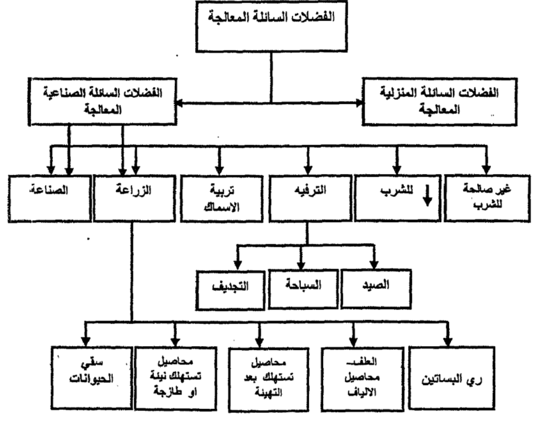
٦-٣.الاتجاهات والاهتمامات الجديدة لإعادة أستخدام مياه الصرف

الباب السادس

إدارة مياه الصرف المعالجة

تستخدم مياه الصرف البلدية المعالجة بالدرجة الأولى لريّ المناطق الزراعية والمناظر الطبيعية، اما المياه المعالجة ثانويا فتستخدم لتغذية طبقات المياه الجوفية، ولاستخدامات ترفيهية . كما يمكن إعادة تدوير هذه المياه في الصناعة وهناك بعض الدول تستخدم مياه الصرف المعالجة ثلاثيا بتقنيات متقدمة في الشرب.

وفي حال عدم استخدامها، تصرف عادة في جسمٍ مائيّ، وتعمل الأنظمة والمباديء التوجيهية والسياسات البيئية على ضمان الشروط الملائمة لصرف مياه الصرف المعالجة . ويبين الشكل التالي الاستخدامات المختلفة للمياه المعالجة للمخلفات السائلة.



شكل٦-١ استخدامات المياه المعالجة

٦-١. مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة

أدى الطلب العالمي المزايد علي المياه الصالحة للاستعمال الي التفكير في تنويع مصادر المياه واستغلال أكبر كمية ممكنة منها بشتى الطرق والبحث عن مصادر بديلة غير تقليدية للحصول علي المياه ونظرا لان كميات المخلفات السائلة المتولدة من انشطة الانسان المتعددة لذا فاتجه التفكير الي الاستفادة من هذه الكميات من خلال تدويرها واعادة استخدامها . وتعد إعادة أستعمال مياه الصرف الصحي **المعالجة من طرق أستغلال المياه التي تلاقي قبولاً ملحوظاً في الاونة الاخيرة .**

وتنوعت ايضا مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة وذلط طبقا لدرجة معالجة ونقاء هذه المياه ، وعموما تعد المجالات الاتية من اهم مجالات استخدام مياه الصرف المعالجة:

١- أستخدام المياه في الري والزراعة واستصلاح الاراضي الجديدة.

٢- أستخدام المياه المعالجة في الأنشطة الترفيهية.

٣- أستخدام المياه المعالجة في تغذية طبقات المياه الجوفية.

٤- الأستخدام الصناعي لمياه الصرف المعالجة.

٥- أستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب.

٦-١-١.أولا الري والزراعة واستصلاح الاراضي الجديدة

يمكن إعادة استخدام مياه الصرف المعالَجة لري المحاصيل والمناظر الطبيعية والحدائق العامة والمتنزهات وتعتبر نوعية المياه المعالجة وملاءمتها لنمو الزرع العامل الأساسي في هذا التطبيق . ولبعض مكونات المياه المسترجعة أهمية خاصة في الري الزراعي، ومنها التركيزات المرتفعة للمواد الصلبة المذابة والمواد الكيميائية السامة والكلور والمغذيات . ومن الاعتبارات البالغة الأهمية أيضًا المخاطر التي يطرحها، على الصحة والسلامة العامة، احتمال وجود عوامل ممرضة جرثومية، وديدان وكائن ات وحيدة الخليّة وفيروسات. وتختلف أهمية هذه العوامل حسب

الاستخدام في الري ودرجة التلامس البشري . ومن العوامل المقيّدة لاستخدام الميـــاه العادمة المعالجة في الري تسويق المحاصيل وتقبل العامة، وتلوّث المياه الســطحية والجوفية، وارتفاع تكاليف ضخ المياه المسترجعة إلى الأراضي الزراعية.

الاثأر الجانبية لأستخدام مياه الصرف الصحي في الري

لأستخدام مياه الصرف الصحي في الري والزراعة بعض المحاذير منها : -

- تعرض العمالة الزراعية والثروة الحيوانية لاخطار التلوث .
- احتمال تلوث المياه الجوفية .
- احتمال تلوث المياه السطحية.
- تغير خصائص التربة وتلوثها.
- احتمال تلوث المحاصيل والزراعات.
- نمو وتكاثر الحشرات والقوارض.

أهمية معالجة مياه الصرف قبل أستخدامها في الري والزراعة

يوصي الباحثين والعلماء بضرورة القيام بمعالجة ثانوية لمياه الصرف الصحي علي الأقل قبل ري الاراضي بالمياه وذلك للاسباب الأتية : -

(أ) تاثير مكونات مياه المجاري الخام علي التربة وعلي صلاحيتها للزراعة .

(ب) زيادة العناصر التسميدية في مياه المجاري وتاثير ذلك علـــي نمـــو النبـــات وانتاجيته الزراعية .

(ج) وجود العناصر التسميدية في صورة غير ملائمة لما يحتاجه النبات .

(د) المعالجة الثانوية للمياه تقوم بتحويل المواد العضوية النتروجينية الي مركبـــات أبسط مثبتة يمكن للنبات الآستفادة منها بصورة أفضل ، مثل تحويل البروتينات الي أمونيا والأمونيا الي نترات من خلال عمليات الأكسدة .

(يري بعض الباحثين ان المكون النتروجيني في مياه الري ليس ضروريا ان يكون في صورة نترات اذ تستطيع بعض النباتات كالذرة والشعير والقمح أمتصاص الأمونيا مباشرة ، علاوة علي ان الأمونيا قد تتحول الي نترات داخل مسام التربة).

في حالة أستخدام المياه الناتجة من المعالجة الأبتدائية في الري ، فانه يفضل أستخدام أحواض امهوف التي يتم فيها هضم الرواسب العضوية الي جانب ترسيبها للرواسب الصلبة ، وهذه المعالجة تسمح بأستخدام المياه في الري لارتفاع القيمة التسميدية لهذه المياه .

في حالة أستخدام المياه الناتجة من بحيرات الأكسدة، فانه يفضل تشغيل تلك البحيرات علي التوالي لان ذلك يخفض نسبة كبيرة من البكتريا الضارة وللحصول علي مياه تحتوي علي أقل نسبة من البكتريا فأنه يمكن استخدام بحيرات لتحسين خواص المياه Maturation Ponds كبحيرات اضافية تصب فيها مياه المجاري بعد المعالجة ، أو اضافة الكلور بتركيز مناسب .

وأستخدام البحيرات الاضافية له فوائد منها :

اولا تحسين حالة المياه حيث يتم القضاء والتخلص من معظم البكتريا الضارة والطفيليات.

ثانيا أستخدام هذه البحيرات في التخزين والموازنة بين المياه المعالجة الخارجة باستمرار من البحيرات ، وبين احتياجات مياه الري المتقطعة والمطلوبة فقط في اوقات الري .

وطبقا لدرجة المعالجة تتحدد نوعية النباتات التي يتم زراعتها بهذه المياه ، حيث ان درجة المعالجة تحدد خواص المياه الناتجة ومدي ملائمتها لنوعية معينة من النباتات وايضا مدي صلاحية الانتفاع بهذه النباتات فيما بعد .

اهمية تطهير المياه المعالجة قبل استخدامها في الري

دلت الابحاث الحديثة خطورة أستخدام مياه الصرف المعالجة قبل تطهيرها والتخلص من معظم الكائنات الممرضة بها وذلك لأن الاثار الجانبية ليست في امكانية تأثر صحة الأنسان بهذه الملوثات فقط ولكن ايضا لان الكائنات الممرضة يمكنها ان تعيش ممد وفترات طويلة بالتربة تمتد لايام وتصل الي شهور مما يضاعف خطورة أستعمالها في الري والزراعة ، لذلك من الهام جدا تطهير المياه المعالجة قبل أستخدامها في الري والزراعة.

والجدول التالي يبين الفترات مدة البقاء بالايام التي تعيشها بعض الكائنات الممرضة في المياه العذبة والتربة.

جدول ٦-١ مدة بقاء الكائنات الممرضة في المياه العذبة والتربة.

Type of pathogen	Survival Time of Pathogens (in days unless otherwise indicated)	
	In Freshwater and Sewage (At 20 - 30 ° C)	In Soils (at 20°C)
Viruses Entroviruses	Up to 120 but usually less than 50	Up to 100 but usually less than 20
BACTERIA		
Fecal coliform	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Salmonella	Up to 60 but usually less than 30	Up to 70 but usually less than 20
Shigella	Up to 30 but less usually than 10	--------------
Vibrio cholera	Up to 30 but usually less than 10	Up to 20 but usually less than 10
PROTOZOA Entamoeba histolytica cysts	Up to 30 but usually less than 15	Up to 20 but usually less than 10
HELMINTHES (parasitic worms)) Ascaris lumbricoides eggs	Many months	Many months

ويلاحظ من الجدول ان مدة بقاء الكائنات الممرضة داخل التربة تتراوح بين ٢٠يومـــا لعدة اشهر مما يبين مدي خطورة تلوث التربة بالكائنات الدقيقة الممرضة وخاصة التي مصدرها مياه الصرف الصحي الغير معالجة او المعالجة بدون تطهير كاف .

العوامل المؤثرة في أستخدام المياه في الري والزراعة

١. معايير نوعية المياه المستخدمة في الري
٢. درجة المعالجة ونوعية المزروعات .
٣. مدي التلوث البكتيري في المياه وعلاقته بالمزروعات.
٤. اختيار نظام الري .

١.معايير نوعية المياه المستخدمة في الري

تكون الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف المعالجة مماثلة لاية مياه تستخدم في الري ، هذا ويبين الجدول التالي ونوعية المياه المعالجة المستخدمة في الـــري من حيث محتوياتها من المواد الكيميائية مثل الاملاح الكلية الذائبة ونسبة الصوديوم المدمص والايونات ذات السمية وتكون التدابير المتبعة في ذلك هي نفس التـــدابير المتبعة التي تطبق مع انواع اخري من المياه المستخدمة في الري.

والجدول التالي يبين نوعية مياه الصرف المستخدمة ودرجة تقييد الاستعمال.

جدول ٦-٢

محددات نوعية المياه	الوحدة	درجة تقييد الاستعمال		
		لا توجد قيود	قيود خفيفة الي متوسطة	قيود مشددة
الملوحة				
التوصيلية الكهربية	ديسي سايمنز/م	اقل من ٠,٧	٣,٠-٠,٧	اكبر من ٣,٠
الاملاح الكلية الذائبة	مجم /لتر	اقل من٤٥٠	٢٠٠٠-٤٥٠	اكبر من ٢٠٠٠
التسرب معدل ادمصاص الصوديوم والتوصيل الكهربي ٠-٣	ديسي سايمنز/م	اكبر من ٠,٧ اكبر من ١,٢ اكبر من ١,٩ اكبر من ٢,٩	٠,٢-٠,٧ ٠,٣-١,٢ ٠,٥-١,٩ ١,٣-٢,٩	اقل من ٠,٢ اقل من ٠,٣ اقل من ٠,٥ اقل من ١,٣

٣-٦ ٦ - ١٢ ١٢-٢٠ ٢٠-٤٠		اكبر من ٥,٠	٢,٩-٥,٠	اقل من ٢,٩
التسمم بالايونات الصوديوم الري السطحي الري بالرش	معدل امتصاص الصوديوم	اقل من ٣,٠ اقل من ٣,٠	٣,٠-٩,٠ اكبر من ٣,٠	اكبر من ٩,٠
الكلوريد الري السطحي الري بالرش	ملي مكافيء/ لتر	اقل من ٤,٠ اقل من ٣,٠	٤-١٠ اكبر من ٣,٠	اكبر من ١٠
البورون	مجم / لتر	اقل من ٠,٧	٠,٧-٣,٠	اكبر من ٣,٠
تأثيرات متنوعة النترات البيكربونات	مجم/لتر ملي مكافيء/ لتر	اقل من ٥,٠ اقل من ١,٥	٥,٠-٣٠ ١,٥-٨,٥	اكبر من ٣٠ اكبرمن ٨,٥
الرقم الهيدروجيني تتراوح القيمة بين ٦,٥ -٨,٥				
يقاس والتوصيل الكهربي ديسي سايمنز/م عند ٢٥ مئوية				
المصدر منظمة الاغذية والزراعة للامم المتحدة الفاو دليل استعمال مياه الصرف في الري ٢٠٠٠				

وهناك علاقة بين تركيز ونوع الأملاح الموجودة في المياه المعالجة وأختيار المحاصيل المناسبة للري بتلك المياه .فيحدد تركيز ونوع الاملاح المذابة الموجودة في مياه الصرف المعالجة أمكانية ودرجة استخدام المياه في الري والزراعة فالمياه عالية الملوحةلا تصلح لري وزراعة كثير من النباتات والمحاصيل ، فقد يسبب الري باستخدام المياه المعالجة زيادة مستوى قاعدية التربة، وذلك لاحتواء هذه المياه على أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم التي تنتج بشكل خاص من المنظفات المستخدمة في غسيل الملابس. وبالرغم من أن معظم نباتات الحدائق تفضل التربة التي تتراوح بين متعادلة وقليلة الحمضية أو قليلة القاعدية، إلا أن هناك العديد من النباتات التي تنمو بشكل جيد في التربة القاعدية، والكثير من هذه النباتات يتحمل الجفاف.

٢. درجة المعالجة و نوعية المزروعات

درجة المعالجة وجودة المياه الناتجة تحدد بدقة نوعية المزروعات التي يمكن ريهـا وزراعتها بهذه المياه ، فكلما زادت درجة المعالجة وازداد نقاء المياه الناتجة كلما زاد وتوسع أستخدام هذه المياه وتنوعت المزروعات التي يمكن زراعتها علي هذه المياه .

والجدول التالي يبين نوعية المزروعات ودرجة معالجة مياه الصـرف وجـودة المياه المعالجة.

جدول ٦-٣

درجة المعالجة ونوعية المزروعات المقترحة

درجة المعالجة	المزروعات المقترحة
مياه مجاري خام	لا ينصح بري اية مزروعات بهذه المياه وخاصة اذا كان هناك تلامس بين الأنسان وتلك المزروعات وذلك لشدة تلوثها ورائحتها الكريهة ، الا انه يمكن ري الاشجار الخشبية واشجار الغابات وتشجيرالطرق بهذه المياه
مياه المجاري المعالجة أبتدائيا	نباتات الزينة - القطن - قصب السكر المستخدم في التصنيع - النباتات المستخدمة في صناعة العطور - المحاصيل المستخدمة في صناعة الزيوت الصناعية .
مياه لمجاري المعالجة ثانويا	الفواكه التي تكون ثمارها بعيدة عنالأرض ويمكن حمايتها من التلوث الخضروات التي لا تؤكل طازجة وتكون ساق النبات بعيدة عن سطح الأرض

جدول ٦-٤

أعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النبات والتربة وطرق الري طبقا للقوانين المصرية

المجموعة	النباتات المسموح بزراعتها	الاحتياطات البيئية والصحية	طرق الري المناسبة	انواع التربة المقترحة
المجموعة الاولي مياه خام ومعالجة ابتدائية	الاشجار الخشبية	*عمل سياج حول المزارع *عدم التلامس مع المياه مباشرة *منع دخول الماشية للمزارع *اتخاذ الاجرات الصحية اللازمة للحماية من الاصابة بالكائنات الممرضة والعلاج	بالخطوط	خفيفة القوام يصرح باستخدامها في الاراضي الصحراوية التي تبعد عن التجمعات السكنية بمسافة ٥ كليومتر مع مراعاة اجراء التقييم البيئي دوريا
المجموعة الثانية معالجة ثانوية	*اشجار النخيل القطن – الكتان – التيل – *محاصيل الاعلاف والحبوب المجففة *المحاصيل والفواكه القشرية *الخضروات التي تطهي *مشاتل الزهور .	*يمكن تربية الماشية غير المدرة للبن او منتجة للحوم *يجب طهي الطعام قبل تناوله	بالخطوط بالتنقيط	خفيفة ومتوسطة القوام
المجموعة الثالثة معالجة متقدمة	*النباتات التي تؤكل نيئة *النباتات القشرية * جميع انواع المحاصيل والبساتين *الاعلاف والمراعي الخضراء		جميع الطرق عدا الرش	جميع انواع التربة

٣. مدي التلوث البكتيري في المياه وعلاقته بالمزروعات .

تعد المعايير والخطوط التوجيهية الخاصة بنوعية المياه ضرورية لتحديد مدي صلاحية استعمال مياه الصرف المعالجة في الري ، وتعد نوعية المياه من حيث ما تحتويه من المواد الميكروبيولوجية في غاية الاهمية بالنسبة لعمال المزارع وكذلك بالنسبة الي الافراد الذين قد يتعرضون لمياه الصرف بطريقة مباشرة أو غير مباشرة . وقد اوصت منظمة الصحة العالمية ببعض الخطوط التوجيهية الخاصة باستعمال مياه الصرف المعالجة في الري . والجدول التالي يبين هذه الخطوط .

جدول ٦-٥

الخطوط التوجيهية الخاصة باستعمال مياه الصرف المعالجة في الري .

شروط الاستعمال	المجموعة المعرضة	الديدان(١) المعوية (المتوسط الحسابي لعدد البويضات في اللتر)	البكتريا البرازية (المتوسط الهندسي للعدد بكل ١٠٠ ملليلتر مكعب)	المعالجة اللازمة لمياه الصرف لتحقيق النوعية الميكربيولوجية المطلوبة
ري المحاصيل التي من المحتمل تناولها دون طهي والملاعب الرياضية والمتنزهات العامة	العمال والمستهلكون والعامة	واحد أو اقل	١٠٠٠ أو اقل(٢)	سلسلة من احواض الترسيب مصممة لتحقيق النوعية الميكربيولوجية المشار اليها أو ما يعادلها من نظم المعالجة
ري محاصيل الحبوب والمحاصيل الصناعية والمحاصيل العلفية والمراعي والاشجار(٣)	العمال	واحد أو اقل	لا يوجد معيار واحد	ابقاء مياه الصرف في احواض الترسيب من ٨ الي ١٠ ايام أو معالجتها لازالة الديدان المعوية والبكتريا البرازية
نظم الري الموضعي للمحاصيل من الفئة السابقة اض امكن تفادي تعرض العمال والعامة لمياه الصرف	لا يوجد	لا ينطبق	لا ينطبق	معالجة المياه حسب مقتضيات نظام الري المستخدم بشرط الا تقل عن احواض الترسيب الابتدائي .

(١) الديدان المعوية مثل الاسكارس والديدان الخطافية والTrichuris

(٢) من المناسب اختيار الخطوط التوجيهية الاكثر تشددا اي ٢٠٠ وحدة او اقل البكتريا البرازية لمل ١٠٠ مليلتر مكعب بالنسبة للحدائق العامة .

(٣) في حالة الاشجار المثمرة ينبغي ان يتوقف الري قبل اسبوعين من قطف الثمار ولا ينبغي التقاط الثمار من الارض او الري بالرش .

المصدر منظمة الاغذية والزراعة للامم المتحدة الفاو دليل استعمال مياه الصرف في الري ٢٠٠٠

٤. اختيار نظام الري .

يتوقف اختيار نظام الري الملائم علي نوعية مياه الصرف وعلي نوع المحصول ، والتقاليد المرعية ، والتجارب السابقة ، وقدرة الكزارعين علي التعامل مع مختلف الطرق ، وعلي ما يمثله نظام الري من مخاطر مختملة علي صحة المزارعين والصحة العامة والبيئة .وتتنوع نظم الري الشائعة بمياه الصرف المعالجة وهي الري بالغمر والري والري بالخطوط والري بالرشاشات والري بالتنقيط ، الا نه يجب مراعاة نسبة الملوحة في مياه الصرف المستخدمة للري لعدم حدوث انسدادات داخل انظمة الزي.

البرنامج القومي للاستخدام الآمن لمياه الصرف الصحي المعالج في زراعة الغابات الشجرية

بدأت مصر تجربة جيدة في استخدام مياه الصرف المعالجة في زراعة الاشجار الخشبية ووضعت لذلك برنامج متكامل للاستفادة من هذه المياه كمورد جيد للماء

أنواع الأشجار الخشبية التي تم زراعتها في الغابات

تم اختيار الأنواع النباتية التي زرعت بالغابات بعناية و بخبرة علمية متميزة حيث يتوافر فيها القيمة الاقتصادية العالية كذلك ملاءمتها للظروف الايكولوجية (البيئية) للمنطقة (تربة ومناخ) كذلك تم زراعة مصدات الرياح التي تلائم المنطقة بجميع الطرق الداخلية للغابة وحول الأسوار. والجدول الآتي سرد لهذه الأنواع:

جدول ٦-٦

م	الاسم العربي	الاسم العلمي
1	السرو	*Cupressus sp.*
2	الصنوبريات	*Pinus sp.*
3	الكايا (الماهوجنى الأفريقي)	*Khaya senegalensis*
4	الكافور	*Eucalyptus sp.*
5	الأكاسيا	*Acacia saligna*
6	التوت	*Morus sp.*
7	السيسال	*Agava sisalana*
8	الكازورينا	*Casuarina sp.*
9	كنكاربس	*Concarpus sp.*
10	البامبو (مرحلة التجريب)	*Dendrocalamus strictus*
11	الجاتروفا	*Jatropha curcas*
12	الترمناليا	*Terminalia sp.*
13	الحور	*Popular sp.*
14	بعض اشجار وشجيرات الزينة	Ornamental trees and plants

جدول يبين الغابات التي تروى بمياه الصرف الصحي المعالج و الغابات التي تحت الإنشاء.

جدول ٦-٧

المحافظة	الغابة	المساحة (فدان)
الإسماعيلية	سرابيوم	1000
المنوفية	السادات غابة الصداقة المصرية الصينية	500
الأقصر	الأقصر	1700
قنا	قنا	500
جنوب سيناء	طور سيناء	200
اسوان	ادفو	300
الوادي الجديد	الخارجه	400
الوادي الجديد	باريس	200
جنوب سيناء	شرم الشيخ	60
الدقهلية	جمصة	150
الجيزة	الصف	500
المجموع	سرابيوم	5510

٦-١-٢. ثانيا استخدام المياه المعالجة في الأنشطة الترفيهية

تستخدم المياه المسترجعة لأغراض ترفيهية تشمل صيانة المناظر الطبيعية والخزانات الجمالية، واحتجاز المياه والنوافير، وصناعة الثلج، وتربية السمك، وتغذية البحيرات المخصّصة للسباحة والصيد والقوارب .ويحدّد المستوى المطلوب لمعالجة المياه المسترجعة حسب الاستخدام المقصود، ويُرفع مع درجة التلامس البشري . فللاستخدام الترفيهي غير المقيّد، مثلا، تعالج المياه بالتخثر والترشيح والتطهير للحصول على عدد بكتيريا الكوليفورم أقلّ من ٣ في كلّ ١٠٠ مليتر.

ومن الامثلة الناجحة لاستخدام المياه في المرافق الترفيهية ، المشروعان اللذان اقيما في ولاية كاليفورنيا الامريكية ، يسمي المشروع الاول مشروع سانتي ، وفيه تضخ المياه المعالجة من المحطة سانتي الي احد الوديان وتنزل لتنساب مسافة كيلومتر واحد خلال الرمل والحصي قبل استراجعها ، ثم توجه المياه المسترجعة بعد ذلك الي ثلاث بحيرات متصلة ببعضها ومحاطة بحديقة عامة ، وتستخدم بحيرتان من تلك البحيرات لصيد الاسماك ورياضة القوارب ، بينما يتم تعقيم البحيرة الثالثة بالكلور لتستخدم للسباحة ، ونوعية هذه المياه تطابق المياه المخصصة للسباحة بهذه الولاية .

اما المشروع الثاني فهو مشروع خزان الجدول الهندي ، وهذا الخزان يستلم المياه المعالجة من محطة تاهو الجنوبية حيث توجد معالجة متقدمة مكونة من مراحل لمعالجة وازالة النتروجين والفسفوروالبوتاسيوم ، كما توجد بها مرشحات رملية واجهزة امتصاص وادمصاص كربوني ، ويتسع الخزان لما يقرب من ٢٧ مليون متر مكعب وكلها مياه صرف معالجة تستخدم لنشاطات صيد الاسماك ورياضة القوارب والسباحة .

٦-١-٣.ثالثا استخدام المياه المعالجة في تغذية طبقات المياه الجوفية

تساعد تغذية طبقات المياه الجوفية في المحافظة على مستوياتها وحمايتها من تسرّب المياه المالحة، كما تكوّن طريقة لحفظ المياه المسترجعة للاستعمال المستقبلي . وتجري تغذية المياه الجوفية بالنشر السطحي في أحواض أو الحقن المباشر في مجاري المياه الجوفية . فطريقة النشر السطحي تستخدم الغمر والتخديد والأراضي الرطبة الاصطناعيّة وأحواض التسريب، وتحسّن نوعية المياه المسترجعة كثيرًا بسبب ترشحها عبر التربة والمنطقة غير المشبعة ومجمع المياه الجوفية؛ وطريقة

الحقن المباشر مكلفة بسبب ارتفاع كلفة معالجة مياه الصرف وكلفة معدّات الحقـن .
ومن أخطار تغذية طبقات المياه الجوفية بمياهٍ مسترجعة احتمال التلوّث.
وهناك فكرة ان يتم ضخ مياه الصرف المعالجة الي البحر الميت لتقليل ملوحتـه (تتجاوز نسبة الاملاح الذائبة اكثر من ٩٠٠٠٠ مليجرام / لتـر) وبـالطبع نسـبة الاملاح الذائبة في المياه المعالجة لا تزيد عن ٥٠٠٠ مليجرام لكل لتـر وبالتـالي يمكن بذلك تقليل ملوحة هذا البحر الا ان ذلك يحتاج الي ملايين الامتار المكعبة من مياه الصرف المعالجة جيدا .
ويمكن أستخدام مياه الصرف المعالجة لتقليل ملوحة بعض البحار المغلقة والتـي زادت نسبة ملوحتها لقيام الدول بالقاء كميات كبيرة من المياه المالحة لهذه البحـار في صورة صرف صناعي وزراعي دون معالجة جيدة .

٦-١-٤.رابعا الأستخدام الصناعي لمياه الصرف المعالجة

مياه الصرف المسترجعة هي مصدر مثالي للاستخدامات الصناعية، لأن العمليـات الصناعية، ومنها التبريد التبخيري وتغذية المِرجَل، لا تتطلب مياه فائقة الجود ة .ولكل استخدام قيودٌ تحد من قابلية تطبيقه، فاستخدام المياه المسترجعة في أبراج التبريـد، مثلا، يسبب مشاكل عدة منها التقشر والتآكل والنمو البيولوجي والحشف والإرغـاء، ويسبب استخدام المياه العذبة المشاكل ذاتها، ولكن بمعدل تكرار أقل . أما في تغذية المِرجل، فينبغي خفض عسر المياه ونزع المعادن منمياه الصرف قبل استخدامها.

٦-١-٥.خامسا استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب

يثير استخدام المياه المسترجعة للشرب حذرًا شديدًا، بسبب رفض العامّة ومخـاطر الصحة والسلامة. ومع الأبحاث الشاملة التي أجريت في هذا الم جال، يواجـه هـذا الاستخدام عدة قيود، ولا سيّما في وضع معيارمناسب لنوعية المياه .ولذلك يقتصـر استخدام المياه العادمة البلدية المسترجعة للشرب على الحالات القصوى

ومن امثلة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الشرب استخدامها في احدي الولايات الامريكية في الخمسينات من القرن العشرين ، حيث تعرضت تلك الولايات لخطر الجفاف الشديد مما حذا بالحكومة للتفكير في امداد الولاية بمياه معالجة تصلح للشرب وانشات الحكومة محطات معالجة متقدمة لهذه المياه المعالجة وتنقي جيدا قبل ضخها للسكان.

٦-٢.إعادة استعمال المياه الرمادية

تعريف المياه الرمادية

إن المياه الرمادية هي المياه الخارجة من المغاسل وأحواض الاستحمام والغسالات والمصارف الأرضية، وغيرها ولا تشمل المياه التي تحوي فضلات الإنسان الصلبة والسائلة والتي تسمى بالمياه السوداء وتكون نسبة تلوّثها أقل من نسبة تلوّث مياه المراحيض، وبذلك يمكن استعمالها لري النباتات بعد معالجة طفيفة بل دون أي معالجة، ولكن بعد اتخاذ بعض الاحتياطات البسيطة.

وتعتبر المياه الرمادية من الموارد المائية الهامة على المستوى المنزلي وتشكل حوالي ٥٠-٨٠% من مجموع المياه المنزلية وتستعمل للري في العديد من دول العالم مثل بريطانيا، كندا، أمريكا، قبرص، ماليزيا وعدد من الدول العربية . كما انها تشكل مصدرا لا يستهان به من المياه الممكن اعادة استعمالها في الزراعة الحضرية.

كان الاعتقاد السائد بين العديد من المهندسين العاملين في مجال المياه العادمة بأن خواص جميع المياه العادمة متشابهة. ولكن هذا غير صحيح حيث أن هنالك العديد من الاختلافات الهامة بين المياه الرمادية والمياه السوداء من حيث محتواها وتأثير كل منها على البيئة. كما أن هنالك دلالات علمية حول الحاجة إلى معالجة المياه الرمادية بشكل منفصل عن المياه السوداء وعدم خلطهما. إن تدوير المياه الرمادية بشكل آمن، واقتصادي، وفعال، ومناسب، يتطلب الأخذ بعين الاعتبار عوامل

عديدة، كمصدر المياه الرمادية، والمواد الموجودة فيها، ومتطلبات كود البناء. وتؤثر جميع العوامل سالفة الذكر على تصميم نظام جمع ومعالجة المياه الرمادية ومدى جدوى إعادة استعماله.

هناك عدة أمور يجب أخذها بعين الاعتبار عند إعادة استخدام المياه الرمادية. يجب أن يكون نظام المياه الرمادية بسيطاً في تركيبته وسهل الاستعمال والصيانة. كذلك يجب معالجة تلك المياه بطرق مناسبة بحيث لا تلامس الإنسان أو الحيوان وذلك لتفادي إلحاق أي أضرار صحية. ويجب أن تكون المركبات الكيماوية الموجودة في الصابون ومواد التنظيف (مثل البورون والصوديوم والمبيضات) قليلة إذ أنها قد تلحق الضرر بالنباتات.

مصادر المياه الرمادية

- المياه الناتجة عن العمليات المختلفة داخل المطبخ
- المياه الناتجة عن الاستحمام والنظافة لأفراد الأسرة
- مياه الشطف داخل وخارج المنزل
- مياه غسيل الملابس (الشطف- الغسيل- مياه الوضوء في المساجد).
- المياه الناجمة عن المشارب والنظافة في المدارس والجامعات والمرافق العامة

محددات انشاء نظام لمعالجة المياه الرمادية

من أهم الأسس لتركيب نظام للمياه الرمادية في البناء هو استعمال نظام ثنائي لمواسير الصرف يفصل المياه السوداء عن المياه الرمادية. وتتكوّن المياه السوداء من مياه المراحيض والشطافات التابعة لها ومياه مغاسل المطابخ، ولذلك لا يمكن استعمالها للري دون درجة عالية من المعالجة، بل يجب تحويلها إلى نظام الصرف الصحي العام أو إلى خزان تحليل. أما مصادر المياه الرمادية فهي مصادر أكثر "نظافة" للمياه ويمكن إعادة استخدامها في ري النباتات.

٢. يجب أخذ الحيطة بحيث لا توضع مواد غير مناسبة في مصادر المياه الرمادية. مثلاً، يجب عدم غسل الحفّاظات أو الأقمشة التي تحتوي على الدماء أو غسل الحيوانات في المصادر الموصولة بمواسير المياه الرمادية. كذلك يجب عدم وضع مواد كيماوية في مصادر المياه الرمادية مثل المبيّضات ومواد التنظيف القوية والدهانات. وقد تتضمن بعض مواد التنظيف مثل تلك المستعملة في الغسالات، خاصة التي تحتوي على مركبات الصوديوم، مواد قد تلحق الضرر بالنباتات التي يتم ريها بالمياه الرمادية. ولذا فانه في حال استخدام تلك المياه للري يجب معالجتها أو ري النباتات بمياه نظيفة بين الحين والآخر (وسيتم بحث هذا الموضوع بالتفصيل في تقرير لاحق). وهناك مواد تنظيف رفيقة بالبيئة – مثل تلك التي تحتوي على مركبات البوتاس والمنغنيز – التي لا تضر النباتات، بل قد تعود بالفائدة عليها. **

٣. يجب القيام ببعض الحسابات لتقدير كميات المياه الرمادية التي يمكن أن يتم الحصول عليها نسبة إلى الاستهلاك الكلي للمياه في المنزل. فمثلاً يجب معرفة كمية المياه الرمادية التي يمكن الحصول عليها خلال أسبوع واحد، وطريقة توزيعها خلال أيام الأسبوع. لذلك إذا تم ضخ المياه لأحد المنازل الذي يحتوي على خزان مياه سعته متر مكعب واحد لمدة يوم واحد خلال الأسبوع، فيعني ذلك أن كمية المياه الرمادية التي يمكن الحصول عليها خلال الأيام التي لا يتم الضخ خلالها قد تكون قليلة بسبب الترشيد في استعمال المياه في هذه الأيام، بينما تكون المياه موجودة بوفرة خلال يوم الضخ. في هذه الحالة، يستحسن حفظ المياه الرمادية في خزان حتى يمكن استعمالها خلال جميع أيام الأسبوع. ولكن إذا تم ضخ المياه للمنزل خلال عدد من أيام الأسبوع، أو إذا كان المنزل يحتوي على خزانات كبيرة لحفظ المياه، فقد تتوافر المياه الرمادية باستمرار خلال جميع أيام الأسبوع دون الحاجة إلى حفظها في خزان. كذلك يجب معرفة كمية المياه التي

تحتاجها حديقة المنزل للتأكد من تحقيق نوع من التوازن بين كمية المياه المتوافرة وكمية المياه المطلوبة. وتؤثر هذه الحسابات في حجم الخزان المخصص للمياه الرمادية.

٤. يستحسن استعمال نظام مياه رمادية واحد منفصل لكل منزل بدلاً من تجميع المياه الرمادية التي يصدرها أكثر من منزل في نظام واحد مشترك. فبينما يمكنك التحكم بنوعية المياه التي تدخل نقاط تجميع المياه الرمادية في منزلك، قد لا يكون باستطاعتك التحكم بنوعية المياه الرمادية التي يصدرها جيرانك.

٥. يجب عدم استخدام المياه الرمادية لري الأشتال وينصح باستخدامها لري النباتات المكتملة النمو فقط لأن لديها القدرة على تحمل نسب عالية بعض الشيء من الملوحة ومركبات الصوديوم والقلويات. أما الأشجار التي يمكن استخدام المياه الرمادية لريها فتشمل على سبيل المثال لا الحصر:

- ❖ الزيتون
- ❖ الخروب
- ❖ بعض أنواع السرو
- ❖ الكينا
- ❖ الياسمين العراقي
- ❖ الريحان
- ❖ بعض أنواع الصبر
- ❖ بعض أنواع النخل

<u>نوعية المياه الرمادية</u>

تختلف نوعية المياه الرمادية حسب مصدر المياه و الغرض الذي يستم استخدامها لأجله ، ويبين الجدول التالي ما يمكن أن تحويه المياه المستخدمة لأغراض منزلية مختلفة:

جدول ٦-٨

مصادر المياه الرمادية	محتويات المياه و خواصها
غسالات ملابس أوتوماتيكية	مواد صلبة عالقة (نسالة أقمشة و أوساخ) ، مواد عضوية ، زيوت و شحوم ، مركبات الصوديوم والنيترات والفوسفات الناتجة عن المنظفات ، نسبة عالية من الملوحة و القاعدية ، مواد تبييض ، حرارة عالية
غسالات صحون أوتوماتيكية	مواد عضوية ، مواد صلبة عالقة (من الأطعمة) ، بكتيريا ، زيوت و شحوم ، دهون ، نسبة عالية من الملوحة و القاعدية ، مواد تنظيف ، حرارة عالية
حوض الاستحمام	مواد عضوية ، مواد صلبة عالقة (جلد ، نسالة أقمشة) ، بكتيريا ، زيوت و شحوم ، شعر ، بقايا أو مخلفات صابون ، مواد تنظيف ، حرارة عالية
مغسلة (باستثناء أحواض الجلي)	مواد عضوية ، مواد صلبة عالقة ، بكتيريا ، دهون وزيوت و شحوم ، بقايا أو مخلفات صابون ، مواد تنظيف ، حرارة عالية

الأعتبارات الصحية لإعادة استعمال المياه الرمادية

"قد تحتوي المياه الرمادية علي بكتيريا معدية"، هذه ناحية مهمة يجب أخذها بعين الاعتبار بشكل دائم عند التعامل مع المياه الرمادية لأغراض الزراعة الحضرية. في الممارسات العملية، فإن الخطر على الصحة من التعامل مع المياه الرمادية قد ثبت أنه في حدوده الدنيا. فالمياه الرمادية بالنهاية هي المياه التي قد اغتسلت بها للتو أو تلك التي نتجت عن غسيل ملابسك التي كنت تلبسها في الفترة القريبة. وفي نفس الوقت ليس هنالك حاجة على الإطلاق أن يشتمل تصميم نظام استعمال المياه الرمادية على قنوات مفتوحة قد تشكل خطراً مباشراً على صحة الإنسان. يمكن تلخيص إرشادات استعمال المياه الرمادية في مبدأين رئيسين هما:

١) يجب أن تمر المياه الرمادية من خلال الطبقات العليا للتربة بشكل بطيء ليتسنى تنقيتها بشكل طبيعي.

٢) يجب أن يتم تصميم نظام فصل وإعادة استعمال المياه الرمادية بحيث لا يكون هناك تماس مباشر مع الإنسان قبل حدوث تنقية للمياه الرمادية.

التعامل مع المياه الرمادية

فيما يلي بعض الأمور الواجب التأكد منها عند التعامل مع المياه الرمادية في نشاطات الزراعة الحضرية:

١) يجب أن يعمل نظام الري بشكل فعال لتوفير كميات مياه كافية للنبات للتقليل من الفاقد من المياه نتيجة للتسرب العميق تحت منطقة جذور النبات؛

٢) يجب أن تتم علمية تصفية للمياه الرمادية، ويمكن عمل ذلك من خلال استعمال مواد بسيطة كقطعة قماش أو كيس نايلون مثقب لحجز المواد العالقة كالشعر وغيرها.

٣) يجب عمل صيانة دورية لنظام فصل المياه الرمادية للتأكد من أنه يعمل بشكل مناسب.

٤) يجب ملاحظة نمو النبات الذي يروى بالمياه الرمادية والتأكد من عدم وجود زيادة في الري أو جفاف، ويمكن الاستعانة بخبير زراعي للتأكد من عدم تأثر النبات بالمحتوى العالي للمواد العضوية في المياه الرمادية؛

٥) يجب الاستعانة بالنشرات والخبراء لتحديد فيما إذا كانت المركبات المكونة لمنظفات الغسيل التي تستعملها تؤثر على النبات الذي تقوم بريه بالمياه الرمادية.

٦) يجب استعمال نظام الري بالفيضان (الغمر) أو بالتنقيط فقط لري الأشجار بالمياه الرمادية.

٧) يجب تحويل المياه الرمادية إلى نظام الصرف الصحي أو الحفرة الامتصاصية في حال احتواء الغسيل على فضلات أطفال أو ملابس مصبوغة.

فيما يلي بعض الأمور الواجب تجنبها عند التعامل مع المياه الرمادية:

١) يجب أن لا تشرب المياه الرمادية؛

٢) يجب أن لا تستعمل المياه الرمادية التي تحتوي على فضلات من فوط الأطفال لاحتواء هذه المياه على البكتيريا الممرضة التي تشكل خطراً على الصحة والبيئة؛

٣) يجب أن لا تستعمل المياه الرمادية التي تحتوي على مواد كيميائية خطرة كتلك المستعملة لغسيل السيارات وغيرها.

٤) يجب أن لا تخزن المياه الرمادية أكثر من الحاجة الضرورية لري النبات بشكل فعال. فالمياه الرمادية التي تخزن لوقت طويل قد تتحول إلى مياه سوداء وتشكل بيئة مناسبة لنمو وتكاثر البعوض وتكون لها آثار سلبية على البيئة والصحة العامة.

٥) يجب أن لا تستعمل نظام الري بالرشاشات للري بالمياه الرمادية.

٦) يجب أن لا تستعمل المياه الرمادية لري النباتات الجذرية كالجزر والليفية كالخس المزروعة للاستعمال البشري.

٧) يجب عدم إعادة استعمال المياه الرمادية إذا كان أحد أفراد الأسرة مصاباً بمرض معد كالإسهال أو الكبد الوبائي أو الأمراض الناتجة عن الطفيليات.

فوائد استعمال المياه الرمادية في الزراعة الحضرية

في كثير من الأحيان يبدو واضحاً لنا بأنه ليس منطقياً أن نقوم بهدر كميات كبيرة من مياه الشرب النقية لري المزروعات القادرة على النمو بقوة بمياه تحتوي على كميات قليلة من مزيج من المواد العضوية. فإعادة استعمال المياه الرمادية قد تشتمل على جزء من أو جميع الفوائد التالية:

١) **التقليل من استعمالات مياه الشرب:** في كثير من الأحيان يمكن للمياه الرمادية أن تشكل بديلاً لمياه الشرب، خاصة في المناطق التي تكون بحاجة لمياه ري، ويؤدي إعادة استعمالها إلى التوفير في قيمة فاتورة المياه.

٢) **تقليل الحمل على الحفر الامتصاصية ومحطات معالجة المياه العادمة:** يؤدي إعادة استعمال المياه الرمادية إلى تقليل الحمل على الحفر الامتصاصية وبالتالي زيادة فترة بقائها وقدرتها. وفي حالة وجود شبكات للصرف الصحي، فسيقل الجريان في أنابيب شبكة الصرف الصحي وبالتالي تعمل محطات المعالجة بفعالية أكثر وتقل تكاليف التشغيل.

٣) **الفعالية العالية للتنقية:** تتم تنقية المياه الرمادية لدرجة كبيرة جداً في الجزء العلوي من التربة مما يزيد في حماية نوعية المياه السطحية والجوفية الطبيعية.

٤) **الأماكن غير المناسبة للحفرة الامتصاصية:** في الأماكن التي تكون فيها التربة غير نافذة، يمكن أن يشكل إعادة استعمال المياه الرمادية حلاً جذرياً

يتم الاستغناء من خلاله عن وضع حلول هندسية للحفرة الامتصاصية قد تكون مكلفة جداً.

٥) **استعمال طاقة ومواد كيميائية أقل:** إن إعادة استعمال المياه الرمادية سيؤدي إلى تقليل استعمال الطاقة والمواد الكيميائية نتيجة للتقليل في كمية المياه النقية والعادمة التي يحتاج كلاهما إلى ضخ ومعالجة. ويتضح هذا النوع من التوفير بصورة مباشرة للأشخاص الذين يقومون بتزويد الماء والكهرباء بأنفسهم. كما أن إعادة استعمال المياه الرمادية من قِبل الشخص لري أشجاره لابد أن تشجعه على الحد من استعمال المواد الكيميائية خاصة السامة منها أو استعمالها بأقل صورة ممكنة.

٦) **تغذية مصادر المياه الجوفية:** المياه الرمادية الزائدة عن حاجة النباتات تساعد في تغذية المياه الجوفية.

٧) **زيادة نمو النباتات:** تعمل المياه الرمادية على زيادة نمو النباتات في المساحات الخضراء حيث قد لا تكون مياه الري متوفرة أو كافية لري كامل المساحة.

٨) **استصلاح الأرض واستخلاص مواد مفيدة من مواد كانت ستكون فضلات:** قد لا يشكل فقد المواد المغذية من خلال طرح المياه العادمة المعالجة في الأنهار والمحيطات مشكلة، إلا أنه يعتبر شكلاً من أشكال "التعرية"، وبالتالي فإن استخلاص بعضاً من هذه المواد المغذية من مواد كانت ستكون فضلات من خلال إعادة استعمال المياه الرمادية في الزراعة يساعد بشكل كبير في المحافظة على خصوبة الأرض.

٩) **زيادة الوعي والإحساس بأهمية دورة الطبيعة:** إن إعادة استعمال المياه الرمادية سيزيد من قناعة المستفيد بمدى المسؤولية وبزيادة الوعي

والاقتصاد في استعمال المياه وزيادة ثقافته باستعمال النواحي العلمية بالزراعة.

محددات استعمال المياه الرمادية

قد يكون هنالك عدداً من الأسباب من الممكن أن تمنعنا من إعادة استعمال المياه الرمادية، أو أن تمكننا من إعادة استعمالها خلال أوقات محددة من السنة، وفيما يلي استعراض لهذه الأسباب:

١) **عدم توفر الحيز أو صغره:** في بعض الأماكن قد تكون المسافة بين البيوت متقاربة جداً أو قد تكون حديقة المنزل صغيرة جداً أو غير موجودة أصلاً.

٢) **صعوبة الوصول إلى أنابيب الصرف الصحي:** في الحالات التي تكون فيها التمديدات الصحية موجودة تحت بلاطة خرسانية، قد يكون الوصول إلى هذه الأنابيب لفصل المياه الرمادية صعباً وغير مجدٍ اقتصادياً.

٣) **عدم ملائمة التربة:** قد تعوق التربة ذات النفاذية العالية أو غير المنفذة من الاستفادة من إعادة المياه الرمادية أو قد تتطلب زراعتها استصلاحاً قد يكون مكلفاً.

٤) **عدم ملائمة المناخ:** قد لا تكون المناطق الرطبة جداً مناسبة لإعادة استعمال المياه الرمادية للري لعدم توفر أولوية واهتمام من قبل قاطني هذه المناطق، كما قد تعوق المناطق الباردة جداً التي تصل فيها درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي من التمكن من إعادة استعمال المياه الرمادية بشكل مستمر طوال العام.

٥) **عدم كفاية المياه العادمة لإتمام التدفق في أنابيب الصرف الصحي:** إذا تم إعادة استعمال كل المياه الرمادية، فمن الممكن أن يصبح التدفق في أنابيب الصرف الصحي أحياناً أقل من التدفق التي صممت عليه هذه الأنابيب وغير كافٍ لتنظيف الفضلات الصلبة في شبكة الصرف الصحي.

٦) **النواحي القانونية والتشريعات:** ما تزال النواحي القانونية والتشريعات المتعلقة بإعادة استعمال المياه الرمادية في مناطق كثيرة من العالم غير واضحة المعالم حتى في الدول المتقدمة. إلا أن هناك توجهاً عاماً لدى السلطات الرسمية نحو تقليل الارتياب الذي يحيط بإعادة استعمال المياه الرمادية، والذي يواكبه زيادة في الخبرات والتطوير والتحسين في أساليب وأنظمة إعادة استعمال المياه الرمادية.

٧) **النواحي الصحية:** تعتبر النواحي المتعلقة بالصحة العامة السبب الرئيس للإبقاء على عدم قانونية إعادة استعمال المياه الرمادية في العديد من المناطق. إن الخطر على الصحة العامة الناجم من إعادة استعمال المياه الرمادية في الممارسات العملية ليس له أثر يذكر شريطة الالتزام بالأسلوب العلمي المتبع وأن يكون لدى المستفيد معرفة وخبرة كافية في كيفية التعامل مع المياه الرمادية، حيث لا توجد هنالك وثائق لغاية الآن تفيد بأن أناساً قد أصيبوا بالمرض بسبب المياه الرمادية رغم احتمال احتواء الأخيرة والتربة على بكتيريا ممرضة، وكانت التوصية: "عدم أكل القاذورات وحدها وعدم أكل تلك المخلوطة بالمياه الرمادية!!!"

٨) **عدم وجود جدوى اقتصادية:** في بعض الأحيان، خاصة تلك التي تتطلب إجراءات قانونية معقدة وأنظمة فصل غالية الثمن لإعادة استعمال المياه الرمادية، التي تكون فيها التكلفة أكثر من الفائدة يتم الاستغناء عن فصل المياه الرمادية وإعادة استعمالها.

٩) **عدم الملائمة:** العديد من أنظمة فصل المياه الرمادية الموجودة حالياً إما عالية التكاليف أو تتطلب جهداً ومتابعة حثيثة أكثر من الحفر الامتصاصية أو أنظمة الصرف الصحي التي تعمل بشكل اعتيادي. وتؤدي مثل هذه الأمور إلى عدم ملائمة فصل المياه الرمادية خاصة في حال عدم وجود

شخص في المنزل شبه متفرغ لمتابعة أمور الصيانة لنظام فصل ومعالجة المياه الرمادية، وهذه الحالة تكون شائعة على الأغلب في المدن حيث تكون ربة المنزل عاملة، وهذه أحد الأسباب لكون المناطق الريفية تكــون فــي الغالب أكثر ملائمة لتركيب نظام فصل للمياه الرمادية منها في المــدن. إلا أنه يمكن استعمال المياه الرمادية في الزراعة الحضرية بنجاح من خـــلال التركيز على المناطق الحضرية المحيطة بمركز المدينة (أطراف المدينة).

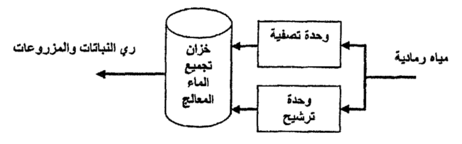
معالجة المياه الرمادية:

المياه الرمادية نظيفة نسبياً قد تحتاج الي وحدة معالجة فيزيائية بسيطة مثل حوض تصفية أو ترشيح بسيط و قد لا تحتاج إلى أي معالجة ويمكن استخدامها مباشـــرة لري الأشجار ونباتات الزينة.

في حال استخدام نظام معالجة لها يجب أن تمر المياه الرمادية بنظام فلترة ثم إلى خزان قبل وصولها إلى النباتات وذلك تفاديا لتجمع المياه على سطح التربة في حال تدفق مياه رمادية بصورة مفاجئة وتكون مواصفات الخزان العامة كالآتي:

- يجب أن يكون الخزان من مادة صلبة غير ممتصة للمياه ومقاومة للتآكل
- يجب أن يكون الخزان مصمت.
- يجب أن يتم اختيار حجم الخزان بحيث لا تزيد فترة تخزين المياه عن ٢٤ ساعة
- يجب ستخدام الإشارات التحذيرية عند خزانات المياه الرماديـــة وجميـــع الأنابيب الناقلة للمياه الرمادية.
- في حال استخدام خزان تحت مستوى سطح الأرض يجب أن يكون مستوى الخزان أعلى من مستوى شبكة الصرف الصحي.

والشكل التالي يبين مخطط لوحدة مبسطة لمعالجة المياه الرمادية مكون من وحدة ترشيح أو تصفية للمياه الخام يليها خـزان تجميـع للمـاء المعـالج بالتصفية أو بالترشيح .



شكل ٦-٢مخطط لوحدة مبسطة لمعالجة المياه الرمادية

٦-٣.الأتجاهات والأهتمامات الجديدة لاعادة أستخدام مياه الصرف

ينزع العالم نحو تقبل مبدأ إعادة استخدام مياه الصرف، غير أنّ القلق المتزايد حيال احتمال التلوّث الميكروبي والكيميائي يطغى على إمكان استخدام مياه الصـرف مباشرة للشرب . ولذلك بدأ تطوير وتطبيق تكنولوجيات أكثر فعاليـة فـي نـزع الملوّثات، ومنها تكنولوجيات الأغشية والامتزاز الكربـوني والتبـادل الأيـوني وغيرها.

وهناك اتجاهات لإنتاج حمأة نظيفة، أصغر حجما وأكثر أماناً للاستخدام . ولهـذا الغرض، طوّرت، من جهة، معدّات محسّنة الأداء كالفرازات الطارديّة والهاضمات، وعمليّات جديدة لإتلاف المواد الصلبة المتطايرة وإنتاج حمأة بيولوجية تقل فيهـا العوامل الممرضة؛ ومن جهة أخرى، يتناقص استخدام عمليّات الحرق والدفن في الأرض على أثر صدور قوانين صرف أكثر صرامة والوعي العام المتزايـد بالبيئة.

الباب السابع

التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

٧-١. المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة.

٧-٢. الاختبارت المعملية للتحكم في عمليات معالجة مياه الصرف.

٧-٣. جمع العينات المعملية.

٧-٤. أختبارات مياه الصرف.

٧-٥. النتائج المعملية وكفاءة وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية.

٧-٦. ضبط الجودة داخل معامل مياه الصرف.

٧-٧. أجهزة التحكم المستخدمة في منشآت معالجة مياه الصرف.

٧-٨. عمليات التفتيش البيئي علي محطات الصرف.

الباب السابع

التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

يعد التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي عملية هامة جدا نظرا لأعتماد المعالجة علي الكفاءة الفنية والمرونة لدي المهندسين والفنيين ، ويمكن التحكم مهندسي العمليات والتشغيل من تقييم أداء محطات معالجة الصرف الصحي ومتابعة مراحل المعالجة مرحلة مرحلة بدقة وإجراء رقابة منتظمة على عمليات المعالجة . وكذلك تؤدي الي الاهتمام بالتخطيط الفني وبأعمال التصميم والتنفيذ وتطوير إمكانات الأفراد القائمين علي التشغيل والصيانة، وأيضا تطوير محطات المياه والصرف الصحي بهدف زيادة الكفاءة مع تطوير أسلوب التحكم في مراحل المعالجة المختلفة ويراعي ذلك عند إنشاء المحطات الجديدة.

وينقسم التحكم الي نوعين من المهام وهما :

أولا المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة.

ثانيا اجراء الاختبارت المعملية .

٧-١. المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل المحطة

تعد المتابعة المستمرة لكافة القياسات داخل محطة المعالجة مثل قياس معدل التدفق وخطوط الفائض و طبيعة المياه الداخلة لكل وحدة معالجة وانتظام التدفق ،من أهم عوامل ومحددات التشغيل الناجح بالاضافة الي اتخاذ الخطوات المناسبة عند حدوث حالات طارئة ضارة بعمليات التشغيل وذلك من خلال:-

١. متابعة عوامل ومحددات التشغيل المختلفة من خلال المراقبة البصرية والمختبرية.

٢. جعل جميع وحدات التشغيل جاهزة .

٣. ابلاغ فرق الصيانة عند حدوث اعطال تتطلب الصيانة الفورية.

٤- تسجيل بيانات التشغيل بصفة مستمرة وبصورة منتظمة.

٥- تقييم نتائج التشغيل والنتائج المعملية.

٦- تطبيق البيانات والنتائج علي عمليات التشغيل.

٧- القيام بحل كافة المشاكل قبل تفاقمها.

مؤشرات تشغيل العمليات

عادة يتم التعبير عن مؤشرات الصرف بحساب حمل التلوث في وحدة الزمن. وفي بعض الأحيان يتم التعبير عنها في صورة الحمل لكل متر مكعب من المياه المتدفقة علي مشروع المعالجة أو في صورة نسبة مئوية تعكس كفاءة المعالجة. وتنحصر هذه المؤشرات في تسجيل الآتي:

-البيانات الكلية للمدخلات والمخرجات وتمثل متوسط القياسات خلال شهر واحد وتدون بمعدل ربع سنوي (كل ٣ أشهر).

-بيانات الاستهلاك لكل متر مكعب من المياه المعالجة.

-قياسات التدفق.

قياسات التدفق

إن قياس التدفق الكلى لمياه الصرف الصحي يعد من المؤشرات الأساسية فى تشغيل محطة المعالجة. وللأسف فلا يوجد أى محاذير لكيفية إجراء القياس ووقته، وغالبا ما يتم قياس معدل التدفق للمياه عن طريق أجهزة venturi أو بنسبة أقل باستخدام الطرق المغناطيسية أو الفوق صوتية. هذا ويتم صيانة أجهزة القياس عدة مرات فى السنة مع معايرتها بصفة دورية.

ولضمان الحصول على نتائج دقيقة للقياسات، يجب إجراء صيانة دورية ومعـايرة للأجهزة. ولذلك يجب توخي الحذر عند إنشاء نظام القياس حيث أن أي خطأ بسيط في اختيار موقع القياس أو موقع الأجهزة قد يؤدي إلى ظهور نتائج خاطئة. كما أنه يوجد عدة عوامل أخرى قد تسبب خطأ في القياس مثل اتساخ أجهـزة القيـاس أو اختلاف درجة الحرارة أثناء اختبار العينة.

وتعتبر عملية تقييم الخطأ الكلي للعينة عملية صعبة جداً حيث أنها يجب أن تتضمن جميع العوامل السابقة الذكر.

ويوضح الجدول التالي طرق المعالجة الأساسية ومؤشرات التحكم في التشغيل.

جدول٧-١

تكنولوجيات المعالجة الأساسية ومؤشرات التحكم في التشغيل

نوع المعالجة	مؤشرات التحكم في التشغيل
-المصافي	- المواد الصلبة العالقة T.S.S - معدل التدفق - الخبث - انخفاض في الضغط
-حجز الزيوت والدهون	- الزيوت والشحوم الحرة - معدل التدفق
-أحواض الترسيب	- المواد الصلبة العالقة - الأكسجين الكيميائى المستهلك
- المعالجة بتعويم الهواء المذاب (DAF)	- الزيوت والشحوم - المواد الصلبة العالقة - الجرعات الكيميائية - معدل التدفق - ضغط الهواء

مؤشرات التحكم في التشغيل	نوع المعالجة
- MLSS - كمية المغذيات - الترسيب - MLVSS - مستوى الأكسجين الذائب - تدفق الهواء	- المعالجة التقليدية بالحمأة النشطة
- MLSS - كمية المغذيات - الترسيب - MLVSS - مستوى الأكسجين الذائب - تدفق الهواء	- التهوية لمدة طويلة
- مستوى الأكسجين الذائب	- الأحواض المهواة

٧-٢. الاختبارت المعملية للتحكم في عمليات معالجة مياه الصرف

حيث تجري العديد من الأختبارات علي مياه الصرف خلال مراحل المعالجة المختلفة بدا من دخول المياه محطة المعالجة وانتهاء بصرف المياه المعالجة في المسطحات المائية أو لاغراض الري والزراعة .ولذلك فانه لابد من معرفة أهم الأختبارات المحددة لكفاءة ومستوي معالجة مياه الصرف .وتتم الأختبارات بجمع عينات من الاماكن المختلفة لوحدات المعالجة وعلي فترات زمنية محددة تبعا لقواعد وأسس قياسية موضوعة ومعترف بها ويتم تحليلها داخل مختبر مجهز لهذا الغرض .

وهناك ثلاث أنواع من الأختبارات تجري علي المخلفات السائلة وعلي المياه المعالجة وهي كالاتي :-

الأختبارات الفيزيائية Physical Tests

الأختبارات الكيميائية Chemical Tests

الأختبارات البكتريولوجية Bacteriological Tests.

١- أهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه المدخل

والمقصود هي الاختبارات المعملية التي تتم علي المياه الداخلة الي المحطة اي مياه الصرف الخام واهمية ذلك هو معرفة الحمل العضوي للمياه الداخلة للمحطة ودرجة تلوث هذه المياه ونوعية هذه التلوث وايضا تمكننا من معرفة نسبة ودرجة ازالة الملوثات من مياه الصرف بمقارنة نتائج مياه المدخل مع نتائج مياه المخرج.

٢- اهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه احواض الترسيب الأبتدائي

والمقصود هي الاختبارات المعملية التي تتم علي المياه الداخلة الي احواض الترسيب الأبتدائي وهي المياه القادمة من وحدات المعالجة التمهيدية ، و الأختبارات التي تتم علي المياه الخارجة من احواض الترسيب الأبتدائي وترجع اهمية تلك الاختبارات الي انها تختص بقياس كفاءة الترسيب والازالة للمواد العضوية والمواد العالقة داخل احواض الترسيب الأبتدائي.

٣- أهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه احواض التهوية

وهي الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه السائل المخلوط لحوض التهوية وترجع اهمية تلك الاختبارات الي انها تختص بقياس الخواص الترسيبية للسائل المخلوط وجودة الندف البيولوجية المتكونة وقدرة المواد الصلبة علي الانفصال من الندف البيولوجية والترسب داخل احواض الترسيب النهائي بالاضافة الي قياس امدادات الأكسجين داخل الحوض .

٤- أهمية الاختبارات المعملية التي تتم علي مياه احواض الترسيب النهائي (المروقات)

والمقصود هي الاختبارات المعملية التي تتم علي المياه الخارجة من احواض الترسيب النهائي وترجع اهمية تلك الاختبارات الي انها تختص بقياس كفاءة الترسيب والازالة للمواد العضوية والمواد العالقة داخل احواض الترسيب النهائي بالاضافة الي جودة المياه الخارجة من حوض الترسيب النهائي والتي تحدد مدي كفاءة المعالجة ككل بمقارنة نتائجها مع نتائج مياه المدخل .

المهارات الاساسية التي يجب ان يعرفها القائم بالاختبارات داخل معمل مياه الصرف

<u>اولا بالنسبة للاختبارات والعينات Laboratory Tests and sampling</u>

لابد لمحلل مياه الصرف Wastewater laboratory analyst ان يعرف جيدا وبصورة كاملة الأختبارات التي سوف يقوم بها سواء كانت هذه الأختبارات فيزيائية او كيميائية

والأختبارات التالية تعد اكثر الأختبارات التي تتم داخل معمل مياه الصرف

- القلوية الكلية Alkalinity
- الأمونيا Ammonia .
- الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand
- الأكسجين الحيوي المستهلك Biochemical Oxygen Demand.
- المواد العالقة الكلية Total Suspended Solids
- الكلور المتبقي Chlorine(residual)
- الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen
- التوصيلية الكهربيةConductivity
- البكتريا القلونية الكلية Total Coliform

- البكتريا القلونية البرازيةFecal Coliform Bacteria
- النترات / النيتريت Nitrate/Nitrite
- جهد الاكسدة والاختزالOxidation Reduction Potential
- الاس الهيدروجيني pH
- الفوسفورPhosphorus
- المواد الكلية الذائبة Total Dissolved Solids
- النتروجين الكلي Total Nitrogen
- العكارةTurbidity
- الأحماض المتطايرة / القلوية Volatile Acid/Alkalinity
- المواد القابلة للترسيب Settable Solids

اما بالنسبة للأختبارات عامة لابد لمحلل مياه الصرف ان يعرف ما يلي:

- التعريف الاساسي للأختبار
- كيف سيتم جمع العينة بواسطة المعمل

١- ما نوع العينة (هل العينة بسيطة ام مركبة) .

٢- ما نوع الوعاء الذي ستجمع فيه العينة.

٣- مكان اخذ العينة .

- ما هي الطرق المعتمدة لحفظ العينة .
- ما الوقت التي يستغرقه جامع العينة من بدء جمعها لايصالها المعمل.
- كيفية تسجيل البيانات علي العينات .
- كيف ستحلل المنشاءة العينة.

١-اين يمكن ايجاد الطرق المعتمدة لتحليل العينة.

٢- ما هي الطرق المعتمدة لتحليل العينة .

٣- اسماء والغرض من الكواشف والمواد الكيميائيـــة المســـتخدمة فـــي التحليل.

٤- ما هي المعدات والاجهزة المستخدمة في التحليل.

٥- ما هي المتدخلات التي يمكن ان تتداخل مع العينات .

٦- ما الذي يمكن عمله لمنع المتدخلات من التداخل في التحليل.

- o كيف يمكن عمل الحسابات المصاحبة لكل تحليل .
- o ما هي مقاييس ضبط وتأكيد الجودة المفروض اتباعها .

ثانيا المعدات والاجهزة Laboratory Apparatus and Equipment

لابد للمحلل الكيميائي ان يعرف جيدا وبصورة كاملة الاجهزة التي سوف يتعامـــل معها ويستخدمها سواء كانت هذه الاجهزة فيزيائية أو كيميائية .

ومن الاجهزة والأدوات الشائعة التي يكاد لا يخلو منها معمل كيميائي

- الموازين الحساسة .
- جهاز قياس الاس الهيدروجيني
- جهاز تقطير المياه .
- جها. الطيف المرئي.
- العديد مر لأدوات الزجاجية

.من اجل الأ ـحدام السليم للاجهزة والأدوات داخل المعمـــل لابـــد لمحلـــل ميـــاه الصرف ا يعرف ما يلي:

- اي لأختبارات التي سوف يستخدم فيها كل جهاز .
- كيفية تشغيل وإدارة الاجهزة .
- معدل ووقت وطريقة المعايرة لكل جهاز.
- معدل ووقت وطريقة تنظيف الاجهزة والمعدات ولادوات المعملية
- كيفية المحافظة علي الاجهزة والمعدات ولادوات المعملية .

- الطريقة المثلي لتخزين الاجهزة والمعدات ولادوات المعملية.
- الخلفية النظرية لتشغيل المعدات والاجهزة .
- كيفية اصلاح اي خلل بسيط بالجهاز (اعادة التشغيل – اعادة الظبط – المعايرة).

ثالثا العمليات والطرق المعملية الرئيسية Basic Laboratory Procedures

ومن الطرق المعملية الرئيسية الشائعة في معظم المعامل الكيميائية

- التخفيف Dilution
- الهضم Digestion
- الترشيح Filtration
- الخلط Mixing
- ضبط الاس الهيدروجيني pH Adjustment
- التقطير Distillation
- اضافة وتحضيرالكواشف والمواد الكيميائية Reagents addition and preparation.
- التعقيم والتطهير Sterilization and Disinfection
- ضبط درجة الحرارة .Temperature adjustment
- تحضير الماء عالي النقاوة Preparing laboratory pure water

لابد لمحلل مياه الصرف ان يعرف جيدا وبصورة كاملة الطرق المعملية الرئيسية التي تتم في المعمل مثل

- كيفة اداء العملية التحليلية الكيميائية .
- اسماء والغرض من الكواشف والمواد الكيميائية المستخدمة في طريقة التحليل.
- ما هي المعدات والاجهزة المستخدمة لهذه الطريقة .

- كيف يمكن عمل الحسابات المصاحبة لكل عملية تحليلية .

رابعا ضبط وتأكيد الجودة Quality Assurance and Quality Control

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف جيدا وبصورة كاملة كيف يمكن ان يقوم باجراءات ضبط وتاكيد الجودة التالية:

- انشاء وعمل وتحليل خرائط مراقبة الجودة .
- تأسيس حد التمييز (حد الكشف).
- طرق المقارنة بين نتائج التحليل الكيميائي.
- عمل منحنيات المعايرة .
- انشاء خطة تاكيد الجودة .
- المحافظة علي التدريب المستمر.
- القيام بالاجراءات التصحيحية .
- القيام بعمل صلاحية للنتائج والطرق والبيانات .
- تسجيل وحفظ البيانات .

خامسا الكيماويات والمخلفات المعملية Chemicals and Wastes

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف الأتي عن الكيماويات والمخلفات المعملية :

- ما نوع المادة الكيميائية المستخدمة في كل تحليل كيميائي .
- كيفية تحضير الكواشف الكيميائية .
- كيفية تخزين المواد الكيميائية .
- كيفية تحديد كميات المواد الكيمائية المطلوبة للشراء .
- ما هي معدات وادوات الوقاية والحماية المطلوبة عند استخدام المواد الكيميائية.
- كيفية التخلص من النفايات الكيميائية .
- كيفية التخلص من النفايات البيولوجية (ذات الخطر البيولوجي).

- كيفية ترميز وتصنيف الكيماويات المعملية .
- المواد الكيماوية المتنافرة مع بعضها.

سادسا امان وسلامة المعمل Laboratory Safety

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف جيدا وبصورة كاملة جوانب السلامة والأمان في المعمل والتي تتضمن الاتي :

- تخزين المواد الكيميائية بامان .
- اطفاء ومكافحة الحرائق .
- دولابيب الغازات .
- دوش الطوارىء وغاسل العيون .
- الحروق والكسور.
- الاماكن المحظورة .
- الأحماض والقلويات والمواد المؤكسدة .
- بطاقة بيانات الآمان للكيماويات.
- الانسكابات الكيميائية .
- السلامة والامان والصحة المهنية .
- معدات الوقاية الشخصية .

سابعا المصطلحات والتعريفات Definitions and glossary

المحلل الكيميائي يحتاج ان يعرف المصطلحات والتعريفات التالية :

- حدود الثقة (٩٥% مثلا).
- الدقة.
- الاحكام (التكرارية) .
- المصداقية .
- التخصصية لطرق التحليل .

- الاختيارية لطرق التحليل.
- تكرار التحليل .
- حد الكشف .
- الخطأ المطلق.
- الخطأ النسبي.
- القيمة الكلية لعدم اليقين.
- القابلية للتكرار.
- القابلية للتماثل .

ثامنا المهارات الرياضية Math skills

- التحويل من درجة الحرارة لاخري Temperature conversions (°C to °F and °F to °C).
- حسابات الحجوم Volume calculations .
- حسابات الجرعات Dosage (in pounds) calculations .
- حسابات العيارية والتركيز Normality and concentrations calculations.
- حسابات النسب المئوية Percent calculations .
- الحسابات الاحصائية Statistical calculations .

٧-٣. جمع العينات المعملية

تعد عملية جمع العينات من أهم العمليات التي تتم داخل حدات المعالجة حيث انها من العمليات الهامة جدا والتي تعتمد عليها المؤشرات والفحوصات التحليلية,لان اية خطأ في جمع العينات يؤدي لان تكون العينة غيرممثلة للواقع وغيرمعبرة حقيقة عن مكوناتها الاصلية وبالتالي يؤدي اخيرا الي نتائج تحليلية معملية خاطئة .ولهذا

يجب ان تكون العينة المعملية ممثلة تمام التمثيل لنفس مكونات الكمية الكلية Bulk Material

العوامل التي تؤثر علي خصائص ومحتويات عينة من مياه الصرف

تتميز عينة مياه الصرف بكثير من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية مما يجعلها تتأثر بكثير من العوامل والظروف المحيطة بها وهذه العوامل منها ما هو ميكانيكي ومنها ماهو طبيعي. وعموما هناك كثير من العوامل التي تؤثر علي خصائص ومحتويات عينة من مياه الصرف منها :

١- مدة بقاء العينة (زمن مكوث المياه).

٢- زمن جمع العينة.

٣- وجود تلامس للهواء مع المياه.

٤- درجة حرارة المياه.

٥- العوامل الميكانيكية.

٦- جودة وكمية مصادر المياه داخل المدينة.

١- زمن مكوث المياه Age of Sewage

يقصد بزمن مكوث المياه الوقت الذي مضي منذ دخولها شبكة الصرف الي وقت اخذ العينة ، فالمخلفات السائلة في بدء جريانها في شبكة الصرف تكون رمادية اللون ، بها مواد برازية ، يطفو علي سطحها الدهون وبعض الورق ومخلفاته ، رائحتها مبتذلة نفاذة ولكنها ليست شديدة العفونة الا انها ليست ضارة أو كريهة. لو تركت مياه المجاري الأبتدائية معرضة للهواء لمدة ثلاث أو اربع ساعات فان معظم المواد الصلبة القابلة للترسيب سوف تترسب ،وتتفتت المواد العالقة والطافية وتندمج مع بعضها مكونة سائل شبه متجانس ذو عكارة عالية ولون أشد تركيزا ، وعموما تعزي الرائحة الكريهة المنبعثة من مياه المجاري الي تعفن وتحلل المواد

العضوية داخل المياه. ولو تركت المياه لمدة اسابيع سوف تختفي العكارة ،وتقل الروائح الكريهة وذلك لتحلل معظم المواد العضوية الموجودة فيها.

٢- زمن جمع العينة Time of Collection

قوة تركيز وتركيب مياه المجاري تختلف من موسم لاخر ، من يوم لاخر ، ومن ساعة لاخري في اليوم الواحد تبعا لعادات الناس وانشطتهم المنزلية اليومية .

فنوع الطعام المستهلك من موسم لاخر،والتغير في الأنشطة المرتبطة بالصناعة، كل ذلك يؤثر علي التركيب ومكونات المياه من فصل لاخر ، بينما المياه المنصرفة من المغاسل قد تغير من خواص المياه خلال اسبوع ، في اليوم الواحد يكون تركيز المجاري قويا في ساعات الصباح ،بينما في ساعات المساء يكون التركيز غالبا ضعيفا عنه في الصباح و هذا كله يعتمد علي كمية المياه المستهلكة خلال كل مدة .

كما انه تبعا لاختلاف النشاط التجاري كالمطاعم والفنادق من موسم لاخر علي مدار السنة ، فان مكونات المخلفات ودرجة تركيز ما تحتويه من مواد عالقة أو ذائبة تتغير من موسم لاخر .

٣-وجود تلامس للهواء مع المياه Existence of Airing Contact with Sewage

المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف تحتوي علي بعض الأكسجين الذائب الذي سرعان ما يستهلك بشدة بفعل اثر البكتريا الهوائية، وفي حالة استنفاذ كل الأكسجين في المياه فان البكتريا الهوائية تتوقف عن النشاط وقد تموت كليا ويصبح ماء المجاري راكدا وعفنا وداكنا في اللون ، وحينئذ تبدأ البكتريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتاخذ في استهلاك وتحلل المواد العضوية وتحويلها الي امونيا وغازات اخري، ويصبح الماء ذو رائحة كريهة جدا ويسمي ماء متعفنا متحللا .

ومن ناحية اخري لو ظل الماء معرضا للهواء بصورة كافية مستمرة ومتصلة فانه يبدأ في أمتصاص الأكسجين من الهواء، فان هذه الظروف المتعفنة اللاهوائية

سوف تقل وتختفي بمرور الوقت، ويتم تحلل المواد العضوية بصورة هادءة وبسيطة مع وجود الأكسجين ولا تنتج روائح عفنة او تركيز عالي في اللون .
ومن هذا يتبين انه هناك نوعان من التحلل للمواد العضوية يحدثان في مياه المجاري :

النوع الاول التحلل الهوائي

وهو الذي يتم بواسطة نشاط البكتريا الهوائية (أي التي تنمو وتنشط في وجود الأكسجين) عند تواجد الأكسجين ، حيث يتم تثبيت وأكسدة المواد العضوية وينتج عن هذا مركبات ثابتة كاملاح النترات والكبريتات وثاني أكسيد الكربون ومواد اخري غير ضارة .

النوع الثاني التحلل اللاهوائي

وهو الذي يتم بواسطة نشاط البكتريا اللاهوائية (اي التي تنمو وتنشط في غياب الأكسجين) ،وينتج عن هذا التحلل غازات النشادر (الأمونيا) والميثان وكبريتيد الهيدروجين ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة كريهة وهذا ما نلمسه نتيجة لهذا التحلل.

٤-درجة حرارة المياه Temperature of Sewage

تعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة في عمليات المعالجة وذلك لتاثيرها علي التفاعلات الكيميائية وسرعتها ، وكذلك تؤثر علي الكائنات الحية الدقيقة ومعدل نموها وتكاثرها.

درجة الحرارة لها تاثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية ، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك الي درجة حرارة معينة ياخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط .

وبالتالي فان ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الأسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة ، وتزداد كمية الاجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه ، والتي بدورها تصبح اكثر عكارة في لونها .

٥- العوامل الميكانيكية Mechanical Factors

العوامل الميكانيكية مثل عمليات الضخ ومرور المخلفات السائلة علي هدارات أو منحدرات أو في وحدات الطلمبات والضخ تؤدي الي تكسير وتفتت الجسيمات العالقة المتوسطة والكبيرة الحجم الي جسيمات دقيقة أصغر جحما .

٦- جودة وكمية مصادر المياه داخل المدينة Quality and Quantity of City Water Supply

جودة وكمية مصادر المياه داخل المدينة تؤثرعلي خصائص مياه الصرف ، فاذا كانت مياه المدينه ذات جودة منخفضة لوجود بعض العناصر الغير مرغوب فيها ادي ذلك الي زيادة وجود هذه العناصر في مياه الصرف .

بالاضافة الي مياه الرشح ومياه الامطار والتي يمكن ان تتسرب الي داخل شبكة الصرف من خلال الانابيب، فان هذه المياه توثر علي تركيز كل من المواد العالقة والذائبة في مياه الصرف .

عملية جمع العينات

عملية جمع عينات مياه الصرف الصحي تشمل عدة عناصر هامة يجب ان تؤخذ في الحسبان من أجل ان تتم العملية بصورة دقيقة وكاملة تؤدي الي الهدف المرجو منها وهو الحصول علي نتائج دقيقة تمثل واقع عمليات المعالجة التي تتم داخل الوحدات.

و تشمل عملية جمع العينات العناصر الهامة الأتية :

١. الهدف من تحليل العينات.
٢. طريقة اخذ العينات.

٣. ادوات اخذ العينات.

٤. أنواع العينات.

٥. طريقة اخذ عينات الحمأة.

٦. مراقبة الجودة في جمع العينات وتحليلها.

الهدف من تحليل العينات

الغرض الاساسي من وضع برنامج لأخذ وتجهيز عينات مختلفة للتحليل واجـراء مختلف الأختبارات عليها هو :

١- التأكد ان عمليات معالجة تنقية مياه الصرف الصحي قد تمت بنجاح .

٢- مدي الكفأءة التي تعمل بها كل وحدة من وحدات المعالجة .

٣- الحصول علي سجلات وبيانات تبين اذا كانت وحدات المعالجة تعمـل وفقـا لتصميمها ام لا .

٤- ظبط عملية التحكم في المعالجة وتكاليفها .

٥- اكتشاف الأسباب التي تؤدي الي متاعب ومشاكل التشغيل التي تؤثرعلي كفاءة التنقية وبالتالي وضع الحلول المناسبة لعلاجها وتلافيها في المستقبل .

٦-جمع المعلومات اللازمة للتخطيط المستقبلي لعمل توسعات في محطة المعالجة

طريقة اخذ العينات

عند وضع برنامج لاخذ العينات يجب ان تتذكر بان صفات الميـاه الخـام دائمـة التغيير بصفة مستمرة لنفس المصدر ,لذلك يجب تجهيز العينات لتعطـي نتـائج صحيحة ومفيدة وبها جميع البيانات اللازمة .

قبل اجراء التحليل يجب الحصول علي عينة ممثلة للواقع لكي تكون النتائج وتؤدي الي قرارات سليمة في التشغيل وغالبا الاخطاء الكبري في نتائج التحليل تاتي بسبب الخطأ في طريقة اخذ العينة وسوء حفظها ومزجها .

والطريقة الصحيحة لاخذ العينات يجب ان تتوافر لها الشروط الأتية -:

ا -يجب ان تؤخذ العينة من مكان تكون فيه جارية وليست راكدة مثل غرف التوزيع أو من خطوط طرد الطلمبات أو من القنوات التي تحمل مياه متدفقة الي مدخل المحطة أو مدخل خزان أو مروق .

ب -يجب ان لا تحتوي العينة علي المواد الطافية مثل الاعشاب والطحالب لانها لا تمثل نوعية المطلوب تحليلها وعند اخذ عينة من حنفيات يستحسن ترك الحنفية مفتوحة لمدة من ٣٠ ثانية لدقيقة لتطرد المياه المخزونة في المواسير والتي قد تترسب فيها مواد غير مرغوب فيها ,ثم تؤخذ المياه من المياه الجارية.

ج -يجب ان لا تحتوي العينة علي اجزاء من المادة كبيرة الحجم مثل قطعة زلط أو حجر أو علبة بلاستيك فارغة -قطعة صفيح، لذلك تؤخذ العينات الممثلة للمياه الداخلة بعد مرور المياه خلال الحواجز والمصافي.

خ -يجب ان يكون حجم العينة كافيا للقيام بالتحاليل المطلوبة .

د -يجب عمل سجل لكل عينه عند جمعها بارفاق بطاقة عليها البيانات التالية :

- موقع اخذ العينة
- يوم وتاريخ وساعة جمعها
- اسم جامع العينة
- رقم العينة والتحاليل المطلوبة بالاضافة الي اية بيانات اخري.

ر -نظرا لتغير بعض الخواص سريعا مثل درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني وكمية الأكسجين الذائب فلذلك يجب ان يتم قياسها فور جمع العينة في الموقع باستخدام اجهزة القياس المحمولة .

س -يجب وضع العينة في ثلاجة مبردة الي درجة حرارة ٤ مئوية فور اخذها لحفظها من التحلل المستمر بواسطة البكتريا ودرجة التبريد توقف نشاط البكتريا.

ل -بعض التحاليل تحتاج الي تثبيت العينة باضافة كيمأويات خاصة فور جمعها -والمعمل الكيمأوي مسئول عن تجهيز زجاجات اخذ هذه العينات وعادة يمكن الحصول علي طرق تثبيت العينات من الكتب الخاصة بطرق التحليل .

هـ -يجب رج الزجاجة بشدة قبل القيام باي تحليل وفي لحظة الاختبار حتي تحتفظ

العينة بنفس تكوينها,التهاون في اعادة مزج العينة يعطي نتـائج خاطئـة بسـبب الترسيب السريع لكثير من مكونات العينة .

جمع العينات من الموقع

نظرا لان هناك عينات كثيرة يتم جمعها في الموقع لذلك فمن الضـروري وضـع خطة وبرنامج لجمع العينات حتي تصل الي المعمل جاهزة للتحليل.ويتلخص هـذا البرنامج في أربعة مهام اساسية:

١- التحضير لجمع العينات من الموقع (تجهيز الادوات والمعدات اللازمة).

٢- القيام باجراء بعض التحاليل في الموقع (درجة الحـرارة -pH- الاكسـجين الذائب)وهذا يشمل ثلاث خطوات:

أ- جمع العينات

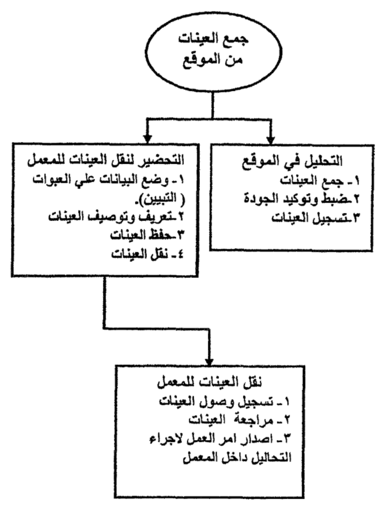
ب- ضبط وتوكيد الجودة

ج- تسجيل العينات ونتائج تحليل الموقع.

٣-التحضير لنقل العينات للموقع(التبيين - الوصف والتعريف- الحفظ- النقل)

٤- نقل العينات للمعمل (التسجيل - المراجعة -اصدار امر التحليل)

و الشكل التالي يبين عملية جمع العينات من الموقع وتحليلها .



شكل ٧-١ مخطط يبين عملية جمع العينات من الموقع

ادوات اخذ العينات

١-جردل مربوط جيدا بحبل طوله حوالي اربعة امتار.

٢- اناء أو دورق من البلاستيك مثبت في يد خشبية طويلة وفوهة الدورق تكون واسعة حتي لا تحدث اضطراب كبير للعينة نتيجة احلال مياه العينة مكان الهواء.

٣-يفضل استخدام أوعية من البلاستيك ذات فوهة واسعة لحفظ العينات وذلك لان البلاستيك غير معرض للكسر ولان الأوعية المعدنية تعمل علي تلوث العينة

والسبب في اختيار الفوهة الواسعة هو سهولة افراغ العينة من الــدورق وســـهولة عملية الغسيل والتنظيف.

٤- يجب ان تكون كل زجاجة عينة مصحوبة ببطاقة عليها جميع البيانات المطلوبة مثل :

- موقع اخذ العينة.
- يوم وتاريخ وساعة جمعها.
- اسم جامع العينة.

●رقم العينة والتحاليل المطلوبة بالاضافة الي اية بيانات اخري مثل درجة الحرارة أو اللون (عادي أو غيرعادي).

٥- يمكن استخدام جامع عينات اتوماتيكي لاخذ العينات وفي هذه الحالة يجب علي العاملين ان يتدربوا علي استعمال مثل هذه الاجهزة ويتبعوا ارشـــادات المنتجـين وخصوصا التعليمات الخاصة بتشغيل الاجهزة وتجهيز زجاجات اخذ العينات وتنظيف انابيب سحب العينة من الرواسب والاعشاب التي تتراكم بداخلها وتغير من صفات العينات.

أنواع عينات ماء الصرف

هناك نوعان من العينات وهما :

١.العينة البسيطة (المخطوفة) Grab Sample

٢.العينة المركبة Composite Sample

١.العينة البسيطة (المخطوفة) Grab Sample

وهي العينة الواحدة التي تؤخذ في اي وقت ومن اي مكان بدون برنـــامج زمنـــي محدد لكي تبين خواص مياه المجاري في الوقت الذي اخذت فيه , فمـــثلا تتكـــون العينات المخطوفة من عينات مفردة أو عينات مفردة مجمعة خلال فترة زمنيـــة لا تتعدى ١٥ دقيقة يجب أن تكون العينة المخطوفة ممثلة لظروف المياه الملوثة عنـــد

وقت سحب العينة .ويتحدد حجم العينة بنوع وعدد التحاليل المطلوب إجرائها،
واحيانا يفضل العينات البسيطة عن المركبة في الحالات الأتية -:

ا -عندما تكون المياه غير جارية بصفة مستمرة في وحدة من وحدات المعالجة فالعينة البسيطة تعطي النتائج اللازمة.

ب -عندما تكون خواص المياه غير متغيرة فعينة بسيطة تعطي المعلومات اللازمة.

ج -عندما يراد معرفة خواص معينة حالا فالعينة البسيطة لازمة ومناسبة لاختبار انواع معينة من التحاليل منها الأتية :

*درجة الحرارة.

*الرقم الهيدروجيني.

*كمية الأكسجين الذائبة.

*الكلور المتبقي.

*التحليل البكتريولوجي.

ويجب اجراء هذه الأختبارات بمجرد جمع العينة فلو تركت مدة ولو بسيطة ستتغير النتائج ولا تمثل الواقع .

يكون جمع العينات المخطوفة ملائما لتشخيص نوعية المياه فى وقت محدد ولتقديم معلومات حول الحد الأقصى والحد الأدنى للتركيزات وكذلك للسماح بجمع أحجام مختلفة من العينات ولتوثيق العينات المركبة ويمكن اعتبار العينات المخطوفة كافية ومرضية عندما تكون:

- مسار الصرف غير مستمر (عمليات تخلص متقطعة، عمليات متقطعة).
- خصائص مياه الصرف ثابتة نسبياً.
- المعاملات المراد تحليلها قد تتغير خلال التخزين، مثال الزيوت والشحوم ودرجة الحرارة.
- المعلومات عن الحد الأدنى والحد الأقصى أو القابلية للتغير مطلوبة.

- قابلية التغيير مع الزمن أو فى المكان مطلوب تحديدها (مثال :عند إجـراء تقديرات ما قبل الرصد الذاتي).

وتكون الفائدة الرئيسية للعينات المخطوفة أنه يمكن إجراء التحاليل فى الحـال وأن سلسلة من العينات المخطوفة يمكن أن تكشف تقلبات فى نوعية مياه الصرف وذلك إذا تم أخذها بتوافر كاف .ويعنى أخذ العينات المخطوفة تكلفة قليلة تشمل معـدات قليلة التكلفة جداً وتكاليف المعمل البشرية والأجهزة وفى المقابل تعكس نتائجها حالة مياه الصرف لحظة أخذ العينات فقط.

١.العينة المركبة Composite Sample

تجمع هذه العينات خلال فترات زمنية محددة وإما أن يتم التجميع بطريقة مسـتمرة على مدى فترة زمنية محددة أو يتم مزج عينات مفردة عشـوائية .وتمثـل العينـة المجمعة متوسط خواص المياه الملوثة خلال فترة التجميع.

العينة المركبة تجمع في فترات ثابتة من الزمن (علي مدي اربعة وعشروت ساعة أو أقل في اليوم) فمثلا اذا جمعت ١٢ عينة في اثني عشرة ساعة تسـمي العينـة عينة مركبة لاثني عشرة ساعة .

اذا كانت نوعية وكمية مياه المجاري الواردة متغيرة فيجب ان تؤخذ عينـة علـي فترات متقاربة كل ساعة مثلا ,اما اذا كانت الامور تسير بدون تغيير في الكميـة فيمكن اخذ عينة مرة كل ساعتين أو كل ٤ ساعات طبقا لما يقررالمعمل الكيميائي .

ويتم تكوين العينة المركبة بخلط العينات المخطوفة المأخوذة فى أوقات محددة مـن مأخذ واحد أو بأحجام محددة (مرتبطة بمعدل التدفق) من مآخذ مختلفـة أو مأخـذ واحد متغير التدفق وينتج عن تحليل العينة المركبة قيمة متوسطة لنوعية المياه/مياه الصرف ويتم استخدامه كثيرا للحصول على قيم متوسطة يومية .وتكمن المشـكلة الأساسية فى العينة المركبة فى أن العينات قد تتدهور خلال فترة أخذ العينات، مما يجعل من الضرورى الحفاظ عليها وكذلك يمكن الإخفاق فى اكتشـاف التغيـرات

السريعة فى التركيب .ويمكن إجراء العينات المركبة يدويا أو عن طريق معـــدات متوسطة التكلفة وقد تكون تكلفة التشغيل هامة عند أخذ العينات المركبة يدويا ولكنها تكون أقل كثيرا إذا تم أخذ العينات أتوماتيكيا.

هناك طرق عديدة لتجميع العينة وهى مبنية على أساس الزمن "Time based"أو التغيير فى معدل التدفق "Flow Based"واختيار أى من الطريقتين يعتمد علــــى الآتى:

- متطلبات القانون للسماح بالصرف.
- التغيير فى معدل التدفق أو تركيزات الملوثات فى المياه.
- توفر الأجهزة والمعدات.
- أماكن سحب العينات.

يجب على مسئول جمع العينات معرفة هذه المعايير قبل البدء فــى برنــامج أخــذ العينات .وإذا كان االمسئول على علم أو شك فى حدوث تغيرات مؤثرة فى معــدل التدفق أو عدم درايته بطبيعة المنشأة فإنه يفضل أخذ عينة مجمعة تتناسب مع معدل التدفق وفيما عدا ذلك فإن العينة المجمعة المتناسبة مع الزمن تكون مقبولة.

وعموما الغرض من العينة المركبة هي ان تكون صالحة لاعطاء بيانات ومعلومات ونتائج صحيحة تمثل حالة التشغيل علي مدي اربعة وعشرون ساعة فـــي اليــوم ويمكن حساب كفاءة الوحدات بناء علي هذه النتائج .

ويشترط تسجل كمية المياه الواردة الي المحطة في كل مرة تؤخذ فيها العينة وتدون في جدول كالجدول الاتي :

جدول ٧-٢

الوقت	كمية المياه الواردة م٣	المعامل	كمية العينة سم٣
٦ صباحا	٣٠٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٤٠
	٣٢٥,٠٠٠	٠,٠٨	٢٦٠
١٠	٣٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٨٠
١٢	٣٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٨٠
٢مساءا	٣٣٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٦٤
٤	٢٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٠٠
٦	٣٠٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٤٠
٨	٣٢٥,٠٠٠	٠,٠٨	٢٦٠
١٠	٢٨٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٢٤
١٢منتصف الليل	٣٠٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٤٠
٢صباحا	٢٥٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٠٠
٤	٢٨٠,٠٠٠	٠,٠٨	٢٢٤
المجموع			٢٩١٢

ومن هذا الجدول يتضح ان انه قد تم جمع العينات بانتظام عينة كل ساعتين وفي كل مرة تم تسجيل معدل التصرف (كمية المياه الواردة) ويجب وضع كل عينة بمجرد جمعها في ثلاجة مبردة الي درجة ٤ مئوية وفي نهاية المدة وهي مدة ٢٤ ساعة يبدا بتجميع عينة واحدة مركبة مجمعة من ١٢عينة جمعت ونظرا لان الكمية المطلوبة للتحليل كانت اكبر من ٢,٥ لتر لذلك اختير المعامل ٠,٠٨ لكي يعطي كمية مناسبة عند ضربه في كمية المياه الواردة ويلاحظ ان رقم المعامل المختار

يجب ان يكون ثابتا ولا يتغير لكل يعطي كمية من العينة متناسبة وممثلة للخواص الحقيقية اثناء اليوم كله .

ويجب ايضا رج كل زجاجة جيدا قبل اخذ الكمية المطلوبة لان ترك العينات فتــرة من الزمن في الثلاجة يؤدي الي ترسبها .

أستخدام أجهزة سحب العينات الأتوماتيكية:

ويمكن استخدام أجهزة أوتوماتيكية فى سحب عينات مجمعة أو عينــات مخطوفــة تجمع على فترات زمنية أو عند طلب عينة مســتمرة .(Continuous sample) وبالنسبة لسحب عينات مجمعة متناسبة زمنياً أو متناسبة مع معدل التدفق فيستخدم جهز أوتوماتيكي لهذا الغرض.

وفى حالة سحب عينات متناسبة مع معدل التدفق فيتم تشغيل جهاز ســحب العينــة الأوتوماتيكي من خلال تشغيل جهاز قياس معدل التــدفق الملائــم لـــه والمــرتبط بتشغيله .ويمكن أيضا فى هذه الحالة سحب العينات باستخدام جهــاز أوتومــاتيكي مزود بعدة قارورات بحيث يتم خلط العينات الفردية بمعرفة المفتش علـــى أســـاس نسب معدل التدفق لعمل العينة المجمعة.

<u>ويجب أن تفى أجهزة سحب العينات الأوتوماتيكية بهذه المتطلبات:</u>

- التنظيف التام لجميع أجزاء الجهاز والمعدات الملحقة لتجنب تلوث العينات من استخدامات سابقة.
- يجب ألا تمر العينة المراد تحليلهــا علــى أجــزاء الجهــاز المعدنيــة أو البلاستيكية التى يمكن أن تؤثرعلى نتائج التحاليل لبعض المؤشرات.
- يجب أن يوفر الجهاز إمكانية حفظ العينات لفترة بعد سحبها من خلال التبريــد أو باستخدام الثلج فى الموقع.
- يجب أن يوفر الجهاز إمكانية سحب عينة كبيرة الحجــم لتكفــي لجميــع التحاليل المطلوبة.

- يجب ألا يقل حجم العينة المفردة عن ١٠٠ ملل.
- يجب أن يوفر الجهاز إمكانية رفع حتى ٢٠ قدم على الأقل وأن يسهل التحكم فى الجهاز حيث ان حجم العينة يتوقف على قدرة الرفع للمضخة.
- يجب ألا تقل سرعة الضخ عن قدمين/ثانية حتى يتم نقل الجزئيات الصلبة وضمان عدم ترسبها.
- يجب أن يتم تنظيف الخط الموصل للمضخة قبل سحب كل عينة.
- يجب ألا يقل قطر خط أنبوب السحب عن ١/٤ بوصة.
- يجب توافر مصدر طاقة لتشغيل الجهاز فترة كافية حتى الانتهاء من أخذ العينة أو استخدام وصلات الكهرباء الموجودة بالمنشأة إذا أمكن.

سحب العينات يدويا:

تستخدم الطريقة اليدوية فى سحب العينات المخطوفة أو لإجراء التحاليل العاجلة بالموقع ويمكن استخدام هذه الطريقة كبديل للجهاز الأتوماتيكي لجمع العينات المجمعة خلال فترات زمنية مطولة وبخاصة عند تقييم الخواص الغير عادية للصرف.

وتعتبر أفضل طريقة لجمع العينات يدويا هو باستخدام نفس الأوعية التى يتم فيها التجميع لنقل العينة إلى المعمل للتحليل مما يقلل من احتمالية تلوث العينة بالأوعية الانتقالية ولكن فى حالة عدم استطاعة المختص عند جمع العينة الوصول إلى مكان سحب العينة فيمكن استخدام وعاء مبدئي يتم سحب العينة فيه ثم توزيعها على الأوعية الأخرى التى ستنقل إلى المعمل وفى هذه الحالة يتحتم تنظيف الوعاء المستخدم فى سحب العينة تنظيفا جيدا إلى جانب اختيار وعاء مصنع من مادة لا تتفاعل مع مكونات مياه الصرف ولا تؤثر على تحاليل المؤشرات المطلوبة وبالنسبة للعينات التى يتم سحبها لتحليل الزيوت والشحوم والبكتريا والفينول

والمركبات العضوية المتطايرة والكبريتيدات فيجب أن يتم سحب العينة مباشرة إلى الأوعية التى ستنقل فيها إلى المعمل.

فى بعض الأحيان يفضل استخدام مضخة لسحب العينة من مجرى مياه الصرف . وفى هذه الحالة يجب التأكد من أن جميع أجزاء المضخة التى تلامس العينة نظيفة تماما وخالية من أى ملوثات .وفى أثناء سحب العينة يدويا يتم أولا اختيار منطقة فى مجرى مياه الصرف يكون فيها المزج جيدا ثم يتم إدخال الوعاء داخل الماء بحيث تكون فتحة الوعاء مواجهة لمصدر التدفق .وإذا كان الوعاء به بعض المواد الحافظة فيجب عدم ملئه فوق اللازم.

العوامل المتبعة لاختيار مواقع أخذ العينات

يجب أن تكون المواقع المختارة لأخذ العينات أماكن ممثلة للعينة .بمعنى أن الموقع الصحيح لأخذ العينات هو الموقع الذي يمكن أن تؤخذ منه عينة بحيث يتم قياس المؤشرات بالشكل الذي يعطي توصيفا دقيقا لنوعية المياه وبحيث تعكس المؤشرات المقاسة حالة هذه المياه بدقة.

العوامل المؤثرة على اختيار موقع أخذ العينات هي كالآتي:

١- تجانس المياه الملوثة

مزج وخلط المياه الملوثة يؤدى إلى تجانس وتوزيع منتظم لمكونات المياه الملوثة.

٢- عدم تجانس المياه الملوثة

المزج السيئ للعينات من المياه الملوثة يؤدى إلى عدم تجانس خصوصا المادة الصلبة المترسبة فيحدث عدم التجانس من حدوث تفاعلات كيميائية أو بيولوجية بالمياه الملوثة مما يؤدى إلى تغير الآس الهيدروجينى بالمياه وتغير فى خواص المياه.

٣- إمكانية قياس تدفق المياه

طريقة اخذ عينات الحمأة

يلاحظ ان نسبة المواد الصلبة تكون مرتفعة في اللحظات الأولي لبـدء تصـريفها (لتراكم المواد الصلبة) وخاصة عندما يتم التصريف من قاع الحوض ,وكلما طال وقت التصريف كلما انخفضت نسبة المواد الصلبة لذلك يراعي عند الرغبـة فـي جمع عينة ممثلة للحمأة ان تكون هذه العينة مركبة وذلك بجمع عينة كـل دقيقـة بمجرد بدء التصريف والجدول التالي مثال لذلك .

جدول٧-٣

فترة تصريف الحمأة وتركيز المواد الصلبة

فترة تصريف الحمأة (دقيقة)	تركيز المواد الصلبة %
1.0	7.0
2.0	7.1
3.0	6.8
4.0	6.5
5.0	5.9
6.0	5.2
7.0	4.7
8.0	4.5
9.0	4.3
10	4.2

والجدول يظهر النتائج الأتية :

١. تركيز المواد الصلبة بعد ٣ دقيقة بدا يقل وبعد ٧,٠ دقيقة بدأ يقـل عـن ٥ % وعند وصول نسبة المواد الصلبة الي ٤ % يجب التوقف عن صرف الحمأة لانـه بعد ذلك تصبح كمية المياه اكثر من اللازم .

٢. لكي تؤخذ عينة ممثلة للحمأة يجب ان تكون عينة مركبة مجمعة مكونـة مـن احجام متسأوية جمعت كل دقيقة وخلطها جيدا ـولكن اذا اخذت عينة بسيطة فاما

ان تكون مركزة اذا جمعت في الدقيقة الأولي أو تكون مخففة اذا جمعت في الدقائق الاخيرة ,ومن هذا فان العينة البسيطة لا تمثل الواقع .

٣.يراعي ضرورة رج زجاجات العينات جيدا قبل خلطها أو تحليلها لانها معرضة للترسيب السريع .

٤. يجب حفظ العينات في ثلاجة عند درجة حرارة ٤ مئوية لوقف نشاط الكائنات الحية الدقيقة والتي قد يؤدي نشاطها الي تغير في طبيعة وخواص العينة .

٥.يجب علي مسئولي المعمل امداد جامعي العينات بالكيماويات اللازمة لحفظ العينات وتثبيتها وذلك عند الحاجة لعمل تحليلات خاصة مطلوبة .

والجدول التالي يبين ظروف وشروط حفظ العينات

جدول ٧-٤

ظروف وشروط حفظ عينات ماء الصرف

الاختبار	وعاء العينة	حجم العينة	الحفظ	زمن الحفظ والوصول
المواد العالقة / الأكسجين الحيوى	بلاستيك	١ لتر	٤ مئوية	٢٤ ساعة
النتروجين (كلدال)	بلاستيك	١ لتر	حمض الكبريتيك pH أقل من ٢ ٤ مئوية	٢٨ يوم
الزيوت والدهون	زجاج	١ لتر	حمض الهيدروكلوريك pHأقل من ٢	٢٤ ساعة
المعادن	زجاج كهرمان بغطاء من التفلون	٢ لتر	حمض النيتريك pH أقل من ٢	٦ شهور

الفينولات	زجاج	٠,٢ لتر	حمض الفسفوريك pH أقل من ٢ كبريتات نحاس ٤ مئوية	٢٤ساعة
الكبريتيدات	بلاستيك	٠,٥ لتر	٢ مل اسيتات خارصين	٢٤ساعة
المواد العضوية المتطايرة	زجاج معتمد بغطاء من التفلون	٤٠ مل	٤ مئوية	٢٤ ساعة

*كل العينات تحفظ في الثلاجة في ٤ مئوية.

مراقبة الجودة في جمع العينات وتحليلها

١- عملية جمع العينات عملية دقيقة وحساسة لان جميع النتائج المعملية تعتمد في دقتها علي كون العينة ممثلة للواقع ام لا ، ومن ثم فان عملية جمع العينات تحتاج لخطة محددة منظمة تحدد بالظبط المحددات الأتية -:

*اماكن اخذ العينات

*طريقة جمع العينات

*ما اذا كانت العينة بسيطة أو مركبة

*كمية العينة اللازمة للتحليل

*وقت اخذ العينة وزمن وصولها الي المعمل

*نوع وطبيعة وعاء جمع العينة

*وسيلة النقل المناسبة المستخدمة لنقل العينات من الموقع الي المعمل ويجب ان تكون الوسيلة مناسبة لضمان سرعة وصول العينة خلال الزمن المحدد

* المواد اللازمة لحفظ العينة.

٢- بعض التحليلات مثل قياس درجة الحرارة -الرقم الهيدروجيني -كمية الأكسجين الذائبة -القلوية الكلية .يجب قياسها بمجرد الجمع لسرعة تغيرها ويفضل قياسها في الموقع .

٣- المعمل مسئول عن تجهيز الأدوات المناسبة لجمع العينات من زجاجات ومبردات وأدوات الجمع والتاكد من مطابقتها للمواصفات والمعايير القياسية السليمة,وايضا التاكد من ان هذه الأدوات مطابقة لنظم السلامة والامان حتي لا يتعرض جامعي العينات لاية مخاطر محتملة .

٤-المعمل مسئول عن تزويد جامعي العينات بالمواد اللازمة لحفظ العينات وتثبيتها طبقا للتحاليل المطلوبة وطبقا لمدة حفظها والمواد الكيمأوية يجب ان تكون عيارية ومظبوطة وحديثة التحضير.

أ-جامعي العينات مسئولين عن سلامة العينة من لحظة جمعها الي وقت تسليمها للمعمل وان لا تكون العينة ملوثة باية مواد تعطي نتائج خاطئة .

ب- زجاجات العينات يجب ان تكون نظيفة وتغسل جيدا قبل استعمالها وكل اختبار له زجاجة معينة وتترأوح سعة زجاجات العينات من 1لتر الي 3لتر حسب الأختبارات المطلوبة ,زجاجات الأختبارات البكتريولوجية يتم تجهيزها بمعرفة اخصائي الميكروبيولوجي .

ج-زجاجات عينات الحمأة يجب ان تكون ذات سطح املس ويجب غسلها بعناية وباستعمال منظفات خاصة طبقا لتعليمات المعمل ,وان تكون جافة تماما بعد غسلها وشطفها.

د -لاتستعمل في جمع العينات الزجاجات التي بها كيمأويات حفظ وتثبيت والطريقة الصحيحة هي ان تجمع العينة في جردل ثم تفرغ بحرص شديد في الزجاجة مع رجها بشدة لكي تختلط الكيمأويات بمياه العينة .

احرص علي تدوين كافة البيانات اللازمة علي البطاقة المصاحبة للعينة مثل مكان اخذ العينة وتاريخ ووقت اخذها ونوع العينة اذا كانت بسيطة أومركبة ,واذا كان بها مواد حافظة والتحاليل المطلوبة واسم جامع العينة والشخص الذي حملها للمعمل ووقت تسليمها للمعمل وأية بيانات اضافية يلزم الافادة بها .

امثلة عن كيفية حساب حجم العينة

$$\text{مقدار حجم العينة المطلوبة في ساعة معينة} = \frac{\text{الحجم الكلي للعينة المطلوبة}}{\text{متوسط معدل التصرف} \times \text{عدد العينات}}$$

<u>مثال ١</u>

عينة مركبة تم جمعها كل ساعة علي مدار يوم كامل عند مدخل محطة معالجة فاذا علمت ان الحجم الكلي للعينة هو ٢ لتر

- وقت العينات عند ٢٤ ساعة = ٢٤×٦٠ = ١٤٤٠دقيقة .
- معدل الجمع ١ ساعة= ٦٠دقيقة.

$$\text{عدد العينات} = \frac{\text{وقت العينات (دقيقة)}}{\text{معدل الجمع (دقيقة لكل عينة)}}$$

عدد العينات = ٢٤×٦٠/٦٠ = ٢٤ عينة

$$\text{حجم العينة المطلوبة} = \frac{\text{الحجم الكلي للعينة}}{\text{عدد العينات}}$$

حجم العينة المطلوبة ٢× ١ /٢٤ =٠,٠٨٣٣٣ لتر =٨٣,٣٣٣مليلتر/عينة.

<u>مثال ٢</u>

عينة مركبة تم جمعها كل ساعة علي مدار يوم كامل عند مدخل محطة معالجة فاذا علمت ان الحجم الكلي للعينة هو ٤ لتر.

-وقت العينات ٨ ساعة =٨×٦٠=٤٨٠دقيقة علما ان متوسط التصرف ٥٠٠٠ متر مكعب يوم .؟

-معدل الجمع ٢/١ ساعة = ٣٠ دقيقة

عدد العينات ٨ × ٣٠/٦٠ = ١٦ عينة

حجم العينة المطلوبة = ١٦/٤=٠,٢٥ لتر / عينة

امثلة للاخطاء المعملية في جمع العينات

١-جمع عينات المخرج من اخر نقطة في حوض التلامس بالكلور .

والصحيح ان تجمع العينات عند نقطة سقوط الماء علي مسافة ١ قدم من الهدار (شكل V) في منتصف الحوض وعلي عمق ١ قدم .

٢- عدم تسجيل درجة حراراة والرقم الهيدروجيني للعينات في الموقع وقت اخذ العينة تماما .

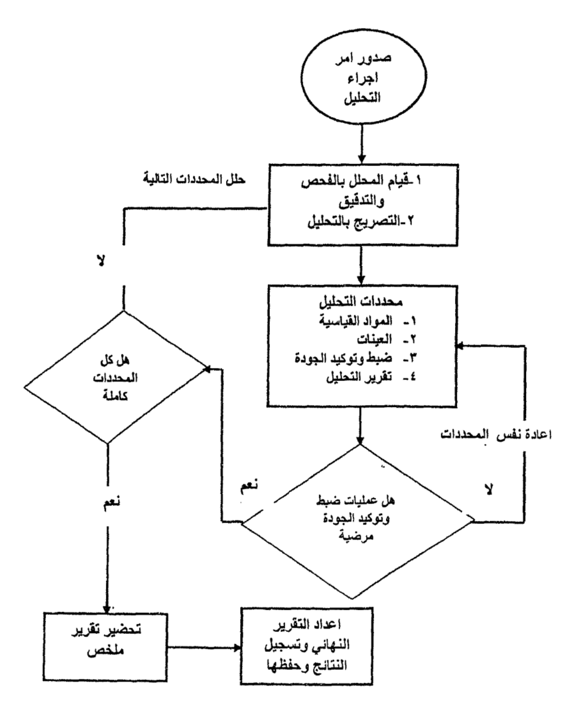
٣- عدم كتابة البيانات علي العينات حالة جمعها والانتظار حتي الوصول للمعمل.

٤- وصول عينات مياه الصرف الخاصة باحواض التهوية للمعمل بعد ساعة من جمعها. (تاخر العينات يؤثر علي اختبار معامل حجم الحمأة ومعدل ترسيبها).

أرسال العينات للمعمل

بعد التاكد من جودة جمع العينات وسلامة الاجراءات وعمليات الجمع وصحتها ترسل العينات الي المعمل لاجراء الأختبارات عليها من خلال خطوات محددة ومدروسة جيدة متتابعة للتحقق من جودة النتائج المتحصل عليها .وتبدأ هذه الخطوات بصدور امر التحليل وتنتهي باعداد التقرير النهائي وكتابته وتسجيل النتائج وحفظها وتوثيقها .

والشكل التالي يبين خريطة التدفق لعمليات الفحص والتحليل وكتابة التقرير داخل المعمل.

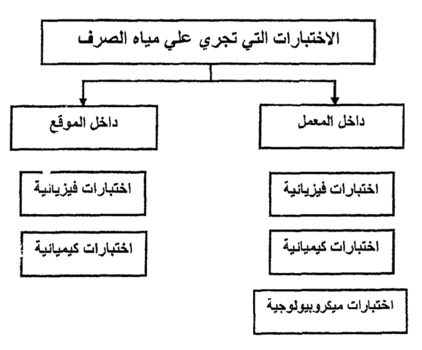


شكل ٧-٢ خريطة التدفق لعمليات الفحص والتحليل وكتابة التقرير داخل المعمل

٧-٤ . أختبارات مياه الصرف

تجري الأختبارات علي مياه الصرف طبقا للمواصفةالقياسية لاختبارات المياه ومياه الصرف. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Ed. وهي الطريقة المعتمدة لدي وكالة حماية البيئة الامريكية Environmental Protection Agency EPA وايضا هي الطريقة المعتمدة في معامل المياه ومياه الصرف داخل مصر.

وتنقسم الاختبارات من حيث مكان اجراؤها الي نوعين وهما الاختبارات التي تتم في الموقع اي مكان اخذ العينة والاختبارات التي تجري داخل المعمل. والشكل التالي يبين هذه الانواع .



شكل ٧-٣ مخطط لانواع الاختبارات التي تجري علي مياه الصرف

أولا الأختبارات الفيزيائية Physical Tests

وهي الأختبارات التي تعتمد علي الخواص الفيزيائية للعينات المراد قياسها مثل الحرارة والعكارة والحجم.

وتشمل الأختبارات الأتية :-

- درجة الحرارة Temperature
- قيمة الأس الهيدروجيني pH
- العكارة Turbidity
- المواد القابلة للترسيب Settable Solids
- المواد العالقة الكلية Total Suspended Solids

درجة الحرارة Temperature

قياس درجة حرارة العينات من القياسات الهامة لمياه الصرف خلال مراحل المعالجة المختلفة وذلك لارتباط درجة الحرارة بالعديد من الأختبارات الاخري كالرقم الهيدروجيني والأكسجين الذائب ، كما ان معرفة درجة حرارة المياه تعرفنا مدي ملائمة الوسط الذي تعيش فيه الكائنات الدقيقة للقيام بعملها ودورها الهام في المعالجة .

وتعتبر درجة الحرارة من اهم المؤشرات المؤثرة في عمليات المعالجة وذلك لتاثيرها علي التفاعلات الكيميائية وسرعتها ، فان عمليات المعالجة تكون اكثر كفأة في إزالة الملوثات صيفا عنه في الشتاء وذلك لازدياد نشاط الكائنات الدقيقة مع ارتفاع درجة الحرارة حتي مدي معين ،اذا تتضاعف معدل التفاعلات الكيميائية لكل زيادة في درجات الحرارة مقدارها ١٠ درجات مئوية .وكذلك تؤثر علي علي الكائنات الحية الدقيقة ومعدل نموها وتكاثرها، ودرجة الحرارة لها تاثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية او اللاهوائية ، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط

البكتيري وذلك الي درجة حرارة معينة ياخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط .

وبالتالي فان ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الآسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة ، وتزداد كمية الاجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه ، والتي بدورها تصبح اكثر عكارة في لونها .

وقياس درجة الحرارة مفيد في اكتشاف التغيرات التي تحدث في مياه المجاري الخام ، فمثلا حدوث انخفاض في درجة الحرارة يشير الي وجود تسرب لمياه الرشح الباردة الي داخل شبكة مواسير المجاري ، كما ان حدوث ارتفاع في درجة الحرارة يشير الي وصول مياه ساخنة من مخلفات الصناعة الي محطة المعالجة . وقياس درجة الحرارة ضروري جدا لتشغيل المحطة وتستخدم في حساب درجة تشبع المياه بالأكسجين الذائب

وغالبا تقاس درجة حرارة العينات في الموقع عند أخذ العينة مباشرة بواسطة ترمومتر زئبقي تكون مدي الدرجات فيه من صفر الي ١٠٠ مئوية.

وقد يستخدم مقياس للحرارة كهربي محمول لهذا الغرض.

رقم(قيمة) الاس الهيدروجيني pH value

هو اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين في سائل ما ، وهو تعبير علي تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول اي مقياس الحموضة والقلوية ، وهذه القيمة تبدأ من صفر الي ١٤ ، وقيمة الاس الهيدروجيني لمياه المجاري تتراوح بين ٦,٥ الي ٨,٥ واذا تغيرت هذه القيمة عن ذلك المعدل يدل ذلك علي أحتمال ورود مخلفات صناعية لمحطة المعالجة .

يعد قياس قيمة الاس الهيدروجيني من اهم الأختبارات الفيزيائية التي تجري علي مياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي ومياه الشرب ، وتاتي اهمية ذلك من ان قاعدية او حامضية وسط المعالجة يلعب دورا هاما ويؤثر بفاعلية علي

جميع التفاعلات الكيميائية والطبيعية والبيولوجية خلال مراحل معالجة مياه الصرف المختلفة .

وفي عمليات الحمأة المنشطة تتاثر البكتريا الهوائية لحامضية وقاعدية المياه الموجودة فيها ، ولهذا نجد ان الوسط المتعادل (قيمة الاس الهيدروجيني = ٧) هو من انسب واكثر القيم الملائمة لنشاط كثير من أنواع البكتريا الهوائية الموجودة في مياه الصرف ، الا ان البكتريا يمكنها النمو في مدي للاس الهيدرجيني يتراوح من ٦,٥ الي ٨,٥ .

وفي قيم أقل من ٥ او اكثر من ١٠ فان النمو البكتيري يتوقف تماما وتتوقف معه كافة العمليات الحيوية اتي تقوم بها البكتريا .

العكارة Turbidity

العكارة هى مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كأختبار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الرغوية العالقة. و تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها. وغالبا تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه المخرج) كأختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدي احتوائها علي مواد عالقة .

ويستخدم جهاز قياس العكارة الكهربي Turbidimeter بوحدة Nephelometric Turbidity Units NTU او بوحدة Jakson Turbidity Unit JTU . ويتم قياس العينات مباشرة بعد معايرة الجهاز باستخدام المحلول القياسي . واتباع خطوات تشغيل وقياس العينات المرفقة لكل جهاز .

المواد القابلة للترسيب Settlable Solids

وهي المواد الثقيلة في الوزن ويتم رسوبها في القاع عندما تقل سرعة تيار مياه المجاري.

ويمكن تقدير كمية هذه المواد بأخذ لتر من عينة المجاري ووضـعها فـي قمـع امهوف المخروطي الشكل وبعد سكونها لمدة ساعة تقـدر حجمهـا بالسـنتيمتر المكعب في اللتر.

وهذا الأختبار يساعد علي تقدير كمية المواد القابلة للترسيب والازالة في أحواض الترسيب الأبتدائية.

ويتم هذا الاختبار علي عينات المدخل والعينات الداخلة لحوض الترسيب الأبتدائي والعينات الخارجة منه والعينات الخارجة من حوض الترسيب النهائي .

قياس المواد العالقة الكلية Total Suspended Solids

تشمل المواد العالقة الكلية كل المواد الطافية والعالقة سواء علي سطح الماء أو في داخله،وهذه المواد العالقة يمكن ان تنقسم الي نوعين ، الاول هو المـواد السـهلة الترسيب وهي التي تترسب تلقائيا في المياه عنما تكون المياه ساكنة قليلة الحركـة وتقدر بحوالي ٥٠ % من المواد العالقة ، بينما النوع الثاني هي المواد صـعبة الترسيب وهي لا تترسب بسهولة أو في وقت قصير نسبيا وتحتاج لوقـت طويـل لترسيبها وتمثل حوالي ٥٠% من المواد العالقة .

وتعرف المواد العالقة معمليا بانها هي وزن المواد التي يمكن حجزها علي وسـط ترشيح بعد تجفيفها في فرن درجة حرارته من ١٠٢ الي ١٠٥ مئوية،وتقدر كميتها بالميليجرام في اللتر.

* عملية الحمأة المنشطة تزيل نسبة كبيرة من المواد العضـوية الذائبـة والمـواد العالقة ، لذا فان إزالة هذين العنصرين يحدد كفاءة عملية المعالجة بدقة .

فالمواد العضوية الموجودة في المياه المعالجة الخارجة من المروقات النهائية تكون معها المواد العالقة التي قد تكون تسربت وخرجت مـع الميـاه الخارجـة مـن المروقات ومن ثم فقياس وتحديد إزالة المواد العالقة لا يحدد فقط كفاءة المعالجـة في إزالة المواد الصلبة بل يحدد ايضا مدي إزالة المواد العضوية .

وتنقسم المواد العالقة الكلية الي:

المواد العالقة المتطايرة Volatile Suspended Solids

المواد العالقة الغير متطايرة Non Volatile Suspended Solid

والمواد العالقة المتطايرة هي التي تقدر عندما توضع المواد العالقة التي تم تجفيفها في درجة حرارة ١٠٣ مئوية في فرن حرق درجة حرارته ٥٥٠ مئوية ، تتطاير جميع المواد العضوية منها بالحرق فكمية المواد التي تطايرت تحسب بـالميليجرام في اللتر . (وتمثل المواد المتطايرة كل المواد العضوية سواء في صورة مركبات او خلايا ونواتج البناء والهدم العضوية للكائنات الدقيقة الحية وبقاياها وأنسـجتها الميتة .

والمواد العالقة المتطايرة تمثل حوالي من ٧٠ الي ٨٠ % من المواد العالقة الكليـة في مياه المجاري ومياه السائل المخلوط .

والمواد العالقة التي لم تحرق وظلت داخل فرن الحرق كما هي تعـرف بـالمواد العالقة الغير متطايرة وهي تمثل المواد الثابتة الغير عضوية مثل حبيبـات الرمـل الدقيقة .

وتخل قيم المواد العالقة المتطايرة والغير متطايرة في حسابات التحكم في عمليـات المعالجة المختلفة ودرجة ازالة والتخلص من لمواد الصلبة .

تقدير كمية المواد الصلبة العالقة من اهم الاختبارات التي تجري علي مياه المجاري كدليل علي قدرة وحدات المعالجة علي ازالة المواد الصلبة العالقـة وكثيـر مـن الملوثات المصاحبة لها .

والجدول التالي يبين المدي العادي لنتائج اختبار قياس المواد الصلبة العالقة

جدول ٧-٥

مدي قياس المواد الصلبة العالقة لعينات من مياه الصرف

العينة	المدي العادي مجم/ لتر
مياه المجاري الخام	١٥٠ - ٤٠٠ (تعتبر مجاري ضعيفة التركيز) اكثر من ٤٠٠ (تعتبر مجاري قوية التركيز)
المياه الخارجة من حوض الترسيب الابتدائي	٦٠-١٥٠ مجم / لتر
الخارج من حوض الترسيب النهائي	١٠-٣٠ جيد اكثر من ٣٠ رديء
الحمأة المنشطة	
السائل المخلوط	١٠٠٠-٥٠٠٠
الحمأة الراجعة	٢٠٠٠-١٠٠٠٠
فائض حوض التخمير	٣٠٠٠-٩٠٠٠

ملحوظة

النتائج التي نحصل من هذا الاختبار لا يعني بالضرورة ان كل المـــواد العالقـــة سوف ترسب في حوض الترسيب الابتدائي أو النهائي . فبعض المواد يكون حجمها ووزنها ضئيل بحيث لا تترسب الا بعد معالجات اخري اضافية وعلي ذلـــك فـــان المواد العالقة هي مجموع المواد التي يمكن ترسيبها .

طريقة قياس المواد العالقة

الاجهزة المستخدمة

- ميزان حساس (حساسية ثلاث أرقام علي الأقل).
- فرن تجفيف.

- مضخة تفريغ وشفط.

- مخبار مدرج.

- بوتقة جوش للترشيح (أو طبق مصنوع من الالمنيوم الرقيق) مثبتة علي دورق ترشيح.

- ورق ترشيح (الياف زجاجية تستعمل في الترشيح).

<u>طريقة تجهيز جفنة جوش للترشيح</u>

أ- توضع جفنة جوش علي دورق الترشيح وتوصل بمضخة التفريغ .

ب- قرص ورق الترشيح (الالياف الزجاجية) في قاع الجفنة .

ت- يغسل المرشح بكمية قدرها ٢٠٠ مل من الماء المقطر .

ث- تجفف الجفنه والمرشح في فرن التجفيف عند درجة حارة قدرها ١٠٣ – ١٠٥ مئوية لمدة ساعة .

ج- تبرد الجفنة في جفنه في مجفف وتوزن فارغة

<u>التجربة</u>

١. ضع جفنة جوش المحتوية علي قرص الترشيح والتي تم وزنها فارغة علي دورق الترشيح الموصل الي طلمبة التفريغ .

٢. طبقا لما تحتويه العينة من مواد عالقة ابدا بترشيح مقدار من العينة يتراوح بين ٥٠ مليليتر الي ١٠٠ مليليتر .

٣. أغسل المواد المتبقية علي قرص الترشيح بالماء المقطر ثلاث مرات .

٤. تجفف الجفنة بما تحتويه من مواد عالقة عند درجة حرارة ١٠٥ مئوية حتي تعطي وزنا ثابتا(من ١ الي ٣ ساعة).

٥. توزن الجفنة بعد تبريدها في مجفف ويشمل وزنها بما تحتويه من مواد عالقة .

<u>الحساب</u>

سوف نعطي مثالا لذلك

كمية العينة المرشحة ١٠٠ مليليتر

وزن الجفنة وورقة الترشيح والمواد العالقة ١١٥٠,٠ مجم

وزن الجفنة وورقة الترشيح ١١٧١,٠ مجم

وزن المواد العالقة في ١٠٠ مل ١١٧١-١١٥٠ = ٢١ مجم

تركيز المواد العالقة = ٢١ × ١٠٠٠÷١٠٠ = ٢١٠ مجم / لتر

ثانيا الأختبارات الكيميائية Chemical Tests

وهي الأختبارات التي تعتمد علي الخواص الكيميائية للعينات المراد قياسها مثل الخواص العضوية والغير عضوية ، وتعتمد علي قياس محددات معينة أو عناصر معينة في عينات مياه الصرف.

وتشمل الأختبارات الأتية :-

- المواد الصلبة الذائبة **Dissolved Solids**
- المواد الصلبة الكلية (ذائبة + عالقة) **Total Solids**
- الوزن الجاف للحمأة **Dry Solids%**
- الأكسجين الذائب **Dissolved Oxygen**
- معدل استهلاك الأكسجين **Oxygen Consumption Rate**
- معدل تثبيت النتروجين (النيترة) **Nitrification Rate**
- الأكسجين الحيوي المستهلك **Biochemical Oxygen Demand**
- الأكسجين الكيمائي المستهلك **Chemical Oxygen Demand**
- الزيوت والدهون الكلية **Total Oil and Grease**
- النتروجين الكلي **Total Nitrogen**
- الأمونيا **Ammonia**
- النترات **Nitrate**
- النيتريت **Nitrite**

- الفسفور	Phosphorous
- الكبريت	Sulfur
- الكلوريدات	Chlorides
- الكلور المتبقي	Residual Chlorine
- القلوية الكلية	Total Alkalinity
- الأحماض المتطايرة	Volatile Acids

وسوف نذكر أهم الأختبارات الكيميائية التي تجري علي مياه الصرف من خلال السطور القادمة

الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen

يعتمد الأكسجين الذائب في المياه علي المياه الطبيعية ومياه المخلفات علي الأنشطة الحيوية والطبيعية والكيميائية في المياه ويعد اختبار الأكسجين الذائب من الأختبارات الهامة الاساسية في تلوث المياه والتحكم في معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي . فقياس الأكسجين الذائب لحوض التهوية يتم اكثر من مرة في اليوم للمحافظة علي تركيز ثابت من الأكسجين الذائب داخل حوض التهوية فلابد من توفير تركيز كافي للأكسجين الذائب في أحواض التهوية (اللازم لكافة العمليات الحيوية والبيولوجية داخل الأحواض) ، وغالبا ما يتراوح التركيز من ١ الي ٤ مليجرام / لتر .

طريقة قياس الأكسجين الذائب

اولا القياس المباشر

يمكن قياس الأكسجين الذائب لعينات المياه بواسطة جهاز قياس الأكسجين حيث يتم معايرة الجهاز وظبطه قبل القياس ثم يوضع الالكترود داخل عينة المياه او داخل الخزان المراد قياس الأكسجين به وتؤخذ القراءة.

حساب النسبة المئوية للتشبع بالاكسجين الذائب

يطلب احيانا حساب المئوية للتشبع بالاكسجين الذائب في المياه المعالجة فاذا كانت كمية الاكسجين الذائب في العينة هي ٥ مجم /لتر ودرجة الحرارة هي ٢٠ مئوية . من الجدول التالي درجة تشيع المياه بالاكسجين عند ٢٠ مئوية هي ٩,٢ مجم /لتر . لاحظ ان درجة التشيع بالاكسجين تقل بارتفاع درجة الحرارة والجدول التالي يعطي درجة التشبع ١٠٠%عند درجات الحرارة المختلفة .

نسبة التشبع بالاكسجين = (الاكسجين الذائب في العينة مجم /لتر ١٠٠x) / (الاكسجين الذائب عند التشبع)

= [٥ مجم /لتر ١٠٠x] / ٩,٢ = ٥٤,٣٤ %

قياس الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand

يعتبر الأكسجين الحيوي المستهلك من أهم الأختبارات التي تحدد كفاءة المعالجة البيولوجية ، وهو مؤشر هام لكمية المواد العضوية الموجودة في المياه بمختلف أنواعها وخاصة التي تحتوي علي نسبة من الملوثات .

وتصمم معظم محطات معالجة المخلفات السائلة علي فيمة الأكسجين الحيوي المستهلك خلال جميع مراحل المعالجة البيولوجية للمحطة ، فقيمة الأكسجين الحيوي المستهلك تحدد بدقة قيمة الحمل العضوي الموجود في المياه من لحظة دخولها محطة المعالجة حتي لحظة خروجها منقاة .

وينقسم الأكسجين الحيوي المستهلك الي جزئين :-

(أ) الأكسجين المستهلك في اكسدة المواد العضوية الكربونية

Carbonaceous Biochemical Oxygen Demand

(ب) الأكسجين المستهلك في أكسدة الموادالعضوية النتروجينية

Nitrogenous Biochemical Oxygen Demand

ويعرف قيمة الجزئين بالأكسجين الحيوي المستهلك الكلي

Total Biochemical Oxygen Demand

T. BOD = C.BOD + NBOD

ويري كثير من العلماء الأكسجين المستهلك الكربوني يتم خلال ١٠ الي ١٤ يوما من بداية التجربة ، وبعد ذلك يبدا اكسدة المواد النتروجينية ، ويستغرق اكسدة كل من المواد الكربونية والنتروجينية حوالي ٢١يوما .

ولهذا الاختبار أهمية كبري في مدي تأثير صرف المخلفات السائلة علي حياة الكائنات المائية كالأسماك والكائنات الاخري في المسطحات المائية .

تعريفه

يعرف الأكسجين الحيوي المستهلك بأنه كمية الأكسجين الذي تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا .

ولان الأكسجين الحيوي المستهلك يعبر عن المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا والتي بدورها تنقسم الي ثلاث اقسام مواد بسيطة سريعة التحلل بيولوجيا حيث يتم تحللها بسهولة وبسرعة وتعرف Soft BOD

مواد متوسطة التحلل بيولوجيا حيث يتم تاخذ وقتا متوسطا ساعات لتتحلل بيولوجيا

مواد بطيئة التحلل بيولوجيا حيث يتم تحللها بصعوبة وتاخذ من ساعات الي ايام لتتحلل وتعرف Hard BOD

الأختبار

يتم الاختبار علي عينة مخففة من المخلفات السائلة ، ويستخدم في تخفيف المخلفات السائلة ، مياه مقطرة تحتوي علي عناصر تحتاجها البكتريا في نشاطها ، مثل الفوسفات وكبريتات الماغنسيوم وكلوريد الكالسيوم وكلوريد الحديديك ، ويتم تشبع المياه المقطرة بالأكسجين الذائب بتهويتها مدة معينة ، وهذا الأكسجين الذائب يكفي لنشاط البكتريا طيلة مدة الاختبار والذي يتم في خمسة ايام .

وتستمر التفاعلات الميكربيولوجية في اختبارات الأكسجين الحيوي المستهلك اذا استمرت التجربة لاكثر من خمسة ايام .

طريقة قياس الأكسجين الحيوي المستهلك

أ-تخفف عينات مياه الصرف تحت الاختبار بنسب مختلفة تتناسب مع تركيز المواد العضوية وحجم العينة مع ملاحظة ان زجاجة عينات الـBOD هي ٣٠٠ مل و عموما يكون التخفيف طبقا للجدول التالي

جدول٧-٦

قيمة الـBOD وتخفيف عينات مياه الصرف الصحي

حجم عينات الصرف الصحي بالمليليتر	مدي BOD بالمليجرام لكل لتر
٥	١٢٠-٢٤٠
١٠	٦٠-٢١٠
٢٠	٣٠-١٠٥
٥٠	١٢-٤٢
١٠٠	٦-٢١

ويمكن التخفيف بمياه شرب خالية من الكلور او بمياه مقطرة مضاق اليها بعض الاملاح ويتم تهوية مياه التخفيف لمدة ١٢ ساعة علي الأقل قبل خلطها مع مياه الصرف الصحي.

ب-تتم تعبئة عينات مزدوجة في زجاجات خاصة بهذا الاختبار، سعة كل زجاجة ٣٠٠ مل ، وذلك لكل تخفيف ، تستكمل الزجاجة بماء التخفيف المشبع بالأكسجين المذاب الذي يحتوي علي ملح فوسفات منظم ، وكبريتات الماغنيسيوم وكلوريد الكالسيوم وكلوريد الحديديك والتفاعل البيولوجي العام الذي يحدث يمكن تمثيله بالمعادلة التالية :

مادة عضوية + اكسجين مذاب+ بكتريا ⟵ ثاني أكسيد الكربون + خلايا بكتيرية جديدة

حيث تحتوي مياه الصرف الصحي علي المادة العضوية (الغذاء البيولوجي) ويحتوي ماء التخفيق علي الأكسجين المذاب .

ج- يقاس الأكسجين الذائب في زجاجة من كل تخفيف عند بداية الاختبار أو بجهاز يقيس الأكسجين مباشرة .

د- توضع الزجاجة الثانية من كل تخفيف في حضانة كهربائية عند درجة حرارة ثابتة ٢٠ مئوية وبعد خمسة ايام يقاس الأكسجين الذائب المتبقي في كل زجاجة .

ر- الفرق بين تركيز الأكسجين الذائب عند بداية التجربة وعند نهايتها بعد خمسة ايام وذلك بالنسبة لكل تخفيف ، يساوي الأكسجين المستهلك خلال خمسة ايام ، وبقسمة كمية او تركيز الأكسجين المستهلك في كل عينة مخففة علي نسبة التخفيف نحصل علي الأكسجين الحيوي المستهلك بعد خمسة ايام عند درجة حرارة ٢٠ مئوية كما توضح المعادلة الأتية :

الأكسجين الحيوي المستهلك BOD5 مجم /لتر=

[الأكسجين الذائب عند بداية التجربةمجم / لتر – الأكسجين الذائب عند نهاية التجربة مجم / لتر] × معامل التخفيف

وتجدر الاشارة ان طريقة اخذ العينة ودرجة الحرارة تلعب دورا كبيرا في تحديد النتائج الصحيحة لقياس الأكسجين الذائب ، وعن قياس الأكسجين الذائب يجب مراعاة الامور التالية :

أ- استخدام اوعية الأكسجين الحيوي المستهلك الخاصة بجمع عينات المياه .

ب- تعبأ الاوعية بحذر شديد مع مراعاة عدم احداث اي عكارة او خلط للهواء داخل العينة.

ت-تعبا العينات بعد ان تفتح اغطيتها تحت الماء ، وتغلق ايضا تحت الماء علي ان يراعي عدم رجها وتنقل مباشرة للمعمل.

ث-بالنسبة لقياس الأكسجين الذائب فقط لحوض التهوية او اي خزان يراعي ان يقاس مباشرة في الموقع بواسطة جهاز قياس الأكسجين الذائب الكهربي المزود بالكترودات لقياس الأكسجين.

الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand

الأكسجين الكيميائي المستهلك يعتبر قياس للمواد العضوية (القابلة للتحلل والتأكسد بيولوجيا وغير القابلة للتحلل بيولوجيا) ، لذلك فقيمة الأكسجين الكيمائي المستهلك أكبر او تساوي الأكسجين الحيوي المستهلك ولا يمكن ان يكون الأكسجين الحيوي أكبر من الكيمائي .

ويعرف الأكسجين الكيمائي المستهلك بانه كمية الأكسجين المطلوبة لاكسدة وتكسير المواد العضوية بالتفاعل الكيمائي .

ويتميز الاختبار بانه مقياس لجميع المواد العضوية القابلة للتأكسد سواء اكسدتها بالبكتريا او التي يصعب اكسدتها بها ،ويتم عمل الاختبار باستخدام مادة مؤكسدة قوية مثل كرومات البوتاسيوم او برمنجات البوتاسيوم ، ويضاف حمض الكبريتيك

المركز مع مواد حافزة ومواد تعادل وجود الكلوريدات ، بحيث يوضع حجم معين من مياه المجاري مع المواد المؤكسدة وحمض الكبريتيك ليتم تسخينه وهضمها لمدة ساعتين في درجة حرارة ١٤٨ مئوية وبعد هذه الاكسدة يتم معايرة هذا الخليط بمادة مثل كبريتات الامونيوم الحديدية .

ويعد الأكسجين الكيمائي المستهلك اختبار سريع ودقيق لتحديد نسبة المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري ، ويتميز اختبار الأكسجين الكيمائي بانه اسرع واكثر دقة من اختبار الأكسجين الحيوي المستهلك واكثر تعبيرا عن تركيز المواد العضوية في المياه .

حسابات طريقة قياس الأكسجين الكيميائي المستهلك Chemical Oxygen Demand

يعد هذا الاختبار مقياسا جيدا للمواد العضوية التي يمكن اكسدتها كيميائيا في مياه الصرف الصحي وتستخدم في قياسه مواد الاكسدة مثل ثاني كرومات البوتاسيوم او برمنجانات البوتاسيوم ، بحيث يتم خلط مياه الصرف الصحي مع المادة المؤكسدة مع التسخين مدة كافية لمدة ساعتين في وجود حمض الكبريتيك المركز المعتوي على كبريتات الفضة حتي تتم اكسدة المواد القابلة للاكسدة كما هو موضح في المعادلة الأتية :-

$$C\,H\,O\,(\text{organic matter})\ \ Cr_2O_7^{-2} + H^{+} \xrightarrow{\text{Heat}} Cr^{+3} + CO_2 + H_2O$$

وبالتالي يمكن حساب COD بالمعادلة الأتية :

$$COD = \frac{8000(b-s)n}{sample\ volume}$$

Where

b is the volume of FAS used in the blank sample,

s is the volume of FAS in the original sample, and n is the normality of FAS.

If milliliters are used consistently for volume measurements, the result of the COD calculation is given in mg/L.

الأكسجين الكيميائي المستهلك مجم/لتر =

$$\frac{\text{عيارية كبريتات الحديدوز} \ (\text{ا} - \text{ب}) \times ٨٠٠٠}{\text{حجم العينة بالمليليتر}}$$

حيث أ : هي حجم كبريتات الحديدوز المستهلك بواسطة البلانك.

ب : حجم كبريتات الحديدوز المستهلك بواسطة عينة الماء .

٨٠٠٠ عامل حسابي يستخدم للتعبيرعن الأكسجين الكيميائي المستهلك COD بالمليجرام لكل لتر.

الكربون العضوي الكلي Total Organic Carbon (TOC)

فى هذه الطريقة فان كمية الكربون التى على صورة مركبات عضوية أو غير عضوية يتم تحويلها الى صورة واحدة بسيطة وهى ثانى أكسيد الكربون (CO2) والتى يمكن تقديرها كميا بواسطة جهاز تحليل بالاشعة تحت الحمراء.

يتم حقن العينة فى غرفة ساخنة وفى وجود محفز فيتبخر الماء وتتحول المركبات العضوية الى ثانى أكسيد الكربون والماء. يتم تعيين كمية ثانى أكسيد الكربون المتكونة من المركبات العضوية وغير العضوية. كمية الكربون غير العضوى يتم تعيينها عن طريق حقن العينة فى غرفة تحتوى على حمض الفوسفوريك حيث يتحول كل الكربون غير العضوى الى ثانى أكسيد الكربون مع عدم اكسدة الكربون غير العضوى. اما كمية الكربون العضوى فيتم حسابها بمعرفة كلا من كمية الكربون الكلى والكربون غير العضوى.

من الممكن تعيين تركيز حتى ١ جزء فى المليون (١ مجم / لتر) من الكربون مع الأخذ فى الأعتبار عدم التعرض أو أستخدام مواد عضوية مثل الأنابيب المطاطية والاوانى البلاستيكية حيث انها تتداخل مع العينة.

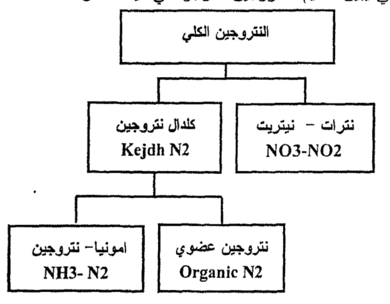
النتروجين الكلي Total Nitrogen

للنتروجين اهمية كبري كحجر أساس في سلسلة المـواد العضـوية النتروجينيـة كالبروتين (البروتين مكون رئيسي للخلايا والانسجة) ،فـان بيانـات النتـروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية .

فعدم وجود النتروجين بشكل كاف يثبط معظم عمليات المعالجة البيولوجية فلـذلك عند نقصه يضاف لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة . ولكي يتم التحكم فـي نمـو الطحالب في المياه المستقبلة للمياه المعالجة فأن اختزال النتروجين او ازالته من مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة

ويشمل النتروجين الكلي والمستخدم كمؤشر شائع علي العديد من المركبـات مثـل الأمونيـا وايـون الامونيـوم والنتـرات والنتريـت واليوريـا والنتـروجين العضوي(الأحماضالامينيةوالامينات).

والمخطط التالي يبين تقسيم النتروجين الموجود في مياه الصرف.



شكل ٧–٤ مخطط تقسيم النتروجين الموجود في مياه الصرف.

الأمونيا في مياه الصرف

تحدد الامونيا في مياه الصرف عمليات ازالة النتروجين وعمليات النترتة، ومن ثم فقياس الامونيا هو دليل هام لعمليات التحول النتروجينية داخل وحدات المعالجة .

وتتراوح قيمة امونيا نتروجين في مياه المجاري بين ١٠ – ٤٠ مجم /لتر.ويمكن ان تزيد المعالجة الابتدائية من قيمة الامونيا نتيجة تحلل بعض مركبات البروتين اثناء المعالجة . في المعالجة الثانوية يمكن ان تتأكسد الامونيا الي نيتريت ثم الي نترات بدرجات مختلفة اعتمادا علي بعض العوامل مثل درجة الحرارة وزمن المكث ، والاحياء الدقيقة وكمية الاكسجين وتسبب الامونيا بعض المشاكل مثل زيادة كمية الكلور المطلوبة لتطهير المياه المعالجة قبل صرفها علي المسطحات المائية كما تزيد الطلب علي الاكسجين في المياه المستقبلة للمخلفات ،وايضا زيادة الامونيا في المياه المعالجة تكون ذات سمية للاسماك.

تعد طريق الهضم Digestion من اشهر الطرق القياسية لتحديد الامونيا في مياه الصرف ، وتتلخص هذه الطريقة بعمل هضم للعينات لتحرير الامونيا ثم تقديرها بالمعايرة مع حمض الكبريتيك .

النتريت Nitrite NO_2

هو مركب وسيط intermediate من عملية أكسدة الأمونيا الي نترات ، والنيتريت غير ثابت يستخدم للدلالة علي تقدم عملية الاكسدة والتحويل الي نترات في عمليات معالجة مياه الصرف الصحي .

المياه المعالجة تحتاج الي جرعة كلور مقدارها ٥ مجم / لتر لكل مجم لتر من النيتريت .

النترات Nitrate NO_3

غالبا لا توجد النترات في مياه المجاري الخام أو المياه المعالجة ابتدائيا ولكن في عمليات المعالجة البيولوجية يتم اكسدة الامونيا بمساعدة البكتريا الي نيتريت ثم الي

نترات .والمياه المعالجة النهائية يمكن ان تحتوي علي ما بين صفر الي ٣٠ مجم /لتر نترات حسب كمية النتروجين الموجودة أصلا في المياه الخام.

المدي العادي من مركبات النتروجين في عينات ماء الصرف الصحي

جدول ٧-٧

مدي مركبات النتروجين في عينات مياه الصرف الصحي

العينة	شكل النتروجين	المدي العادي مجم /لتر
مياه الصرف المعالجة	امونيا	٥-٢٠
	كلدال نتروجين	٥-٣٠
	نترات	صفر - ٣٠
	نيتريت	صفر - ١

اذا كانت محطة المعالجة تعمل بكفاءة فان تركيز الامونيا يجب ان يقل من المدخل الي المخرج بينما يزيد تركيز النترات من المدخل الي المخرج بحيث تكون مياه المخرج تحتوي علي تركيزات عالية بالنسبة للنترات .

القلوية الكلية Total Alkalinity

تنتج القلوية من وجود عناصر الكربونات والبيكربونات و الهيدروكسيدات لبعض العناصر مثل أملاح كربونات وبيكربونات الكالسيوم والماغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم ، وتعتبر أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم هما أكثر الاملاح المسببة للقلوية.

ويمكن اعتبار البورات والسليكات والفوسفات بالاضافة الي مركبات مشابهة مكونة لجزء من القلوية .

يؤثر كل من القلوية وتركيز أيون الهيدروجين في مياه المجاري علي كفاءة المعالجة البيولوجية ، ومن أكثر أنواع البكتريا حساسية لاية تغيرات في قيمة الاس

الهيدروجيني او في قيمة القلوية للمياه بكتريا (النيترة)، وتعمل المواد المسببة لقلوية المياه (الكربونات والبيكربونات) كعامل اتزان مهم لمعادلة أية تغيرات لتركيز ايون الهيدروجين في المياه .

وعمليات المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة تتم غالبا في مدي لقيمة الاس الهيدروجيني بين ٦,٥ الي ٧,٥ ويختلف تاثير الأنواع البكتيرية المختلفة للتغير في قيمة الاس الهيدروجيني الا ان أكثرها حساسية هي بكتريا التأزت (النيترة).

وللمواد المسببة للقلوية دور هام في عمليات تثبيت النتروجين فخلال عملية تحول الأمونيا الي نترات فأنه يتم استهلاك كمية كبيرة من القلويات (المركبات المسئولة علي القلوية) ، فيستهلك ٨,٦٥ مليجرام من البيكربونات لأكسدة مليجرام من الأمونيا الي نترات ، فبكتريا التأزت تعتمد علي الكربونات والبيكربونات كمصدر من مصادر الكربون التي تحتاجها في نموها ونشاطها .

ولهذا تقاس القلوية الكلية خلال مراخل المعالجة المختلفة بداية من مياه المدخل ونهاية الي مياه المخرج حيث ان معدل تناقص المواد المسببة للقلوية (الكربونات والبيكربونات) خلال مراحل المعالجة يدل علي سير نظام المعالجة في طريق حدوث التأزت النيترة (تحويل الأمونيا الي نترات) اي حدوث أكسدة للمواد العضوية النتروجينية بالاضافة الي اكسدة المواد النتروجينية .

الكلوريدات

الكلوريدات تعد من اهم الايونات غير العضوية الموجودة في الماء والمخلفات السائلة ، وتزيد نسبة الكلوريدات في المخلفات السائلة عنها في المياه حيث ان كلوريد الصوديوم وهو ملح الطعام يعتبر من اهم اضافات الطعام وهو مكون اساسي من مكونات البول والذي يجد طريقا الي مياه الصرف الصحي.

هناك ثلاث طرق لتعيين الكلوريدات وهي نترات الفضة – نترات الزئبق وطريقة سيانيد الحديديك الاتوماتيكية.

الفسفور

يعتبر الفسفور ضروري لنمو الطحالب وكثير من الكائنات الحية الدقيقة ، ويكـــون الفسفور العضوي احد اهم المكونات لمياه الصرف الصحي والحمـــأة ، والفســـفور كاحد المغذيات الهامة اللازمة لنمو وتكاثر البكتريا لذلك فهو عنصر هام للمعالجـــة البيولوجية ويؤدي نقصه في مياه الصرف الصحي وخاصة نسبته الي النتـــروجين والي الأكسجين الحيوي المستهلك الي حدوث مشاكل في عمليات تشغيل العمليـــات البيولوجية وخاصة الحمأة المنشطة .

(نسبة النتروجين والفسفور الي الأكسجين الحيوي المستهلك لابـــد ان تكـــون ٥ نتروجين : ١ فسفور لكل ١٠٠ اكسجين حيـــوي مســـتهلك (BOD : N : P) 1 : 5 : 100.

ويوجد الفسفور في مياه الصرف الصحي غالبا علي هيئة ثلاث صور وهي:

١.علي هيئة اورثوفوسفات.

٢.علي هيئة عديد الفوسفات.

٣.علي هيئة الفسفور المتحد بجزيئات عضوية.

ويمثل عديد الفوسفات والفسفور العضوي حوالي ٧٠% من كمية الفسفور الموجودة في مياه المجاري الخام ،وتستهلك الكائنات الحية الدقيقة الفسفور خلال بناء الخلايا الجديدة ونقل الطاقة ونتيجة لذلك فان ١٠ الي ٣٠% من الفسفور الداخل لوحـــدات المعالجة مع مياه المدخل تزال خلال عمليات المعالجة الثانوية البيولوجية .

وهناك أستهلاك اخر للفسفور من خلال اصلاح وصيانة واعادة بناء الخلايا الحيـــة حيث تحتاج الخلايا للفسفور بشدة .وهذا كله يؤدي في النهاية الي انخفاض كميـــة الفسفور الخارجة مع مياه المخرج (المياه المعالجة الناتجة) .وقد يتحرر الفســـفور

من الخلايا في ظروف غياب الأكسجين ومن ثم فان ازالة الفسفور بيولوجيا تـــتم في خطوات بيولوجية متتابعة في ظروف بيئية مختلفة تبعا لكل مرحلة .

الكبريتات

يتراوح تركيز الكبريتات في مياه الصرف الصحي ما بين ١٠- ١٠٠٠ مجم /لتر ، وتعيين الكبريتات في مياه الصرف هام حيق ان وجود الكبريتات ممكن ان يســـبب مشكل كثيرة بطريقة غير مباشرة مثل اختزال الكبريتات الي كبريتيد الهيـــدروجين بواسطة البكتريا وهذا الغاز سام .

الزيوت والشحوم

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتا حيث أنها لا تتحلـــل بســـهولة بفعـــل البكتيريا(تحللها يحتاج الي انزيمات خاصة). والزيوت تكون في صورة سائلة الا أنها تطفو فوق سطح الماء نظرا لكثافتها اما الشحوم والدهون فتوجد علـــي هيئـــة صلبة طافية ايضا فوق سطح مياه الصرف ، ويصل الكيروسين وزيوت التشـــحيم إلى الصرف عن طريق الورش والجراجات حيث يطفو على سطح مياه الصـــرف ويتبقى جزء ضئيل منه فى صورة مواد راسبة تتجمع مع الحمـــأة. هـــذا وتســـبب الزيوت المعدنية مشاكل فى الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح

يجب إزالة الزيوت والشحوم قبل إجراء المعالجة البيولوجية نظرا لان وجودها في أحواض التهوية قد يعوق عملية تبادل الأكسجين بين الماء والهواء وقـــد يحـــدث انسداد في مواسير توزيع المياه وتوزيع الهواء .

تقدير الزيوت والدهون في محطات معالجة الصرف الصحي يساعد في تحديد كفاءة المحطة في ازالة المواد الزيتية والدهنية بالاضافة الي تحديد المتاعـــب والمشـــاكل التي يمكن ان تحدث في وحدات تخمير الحمأة او تجفيفها .

المدي العادي للزيوت والدهون

المدي العادي لقيمة للزيوت والدهون الكلية في مياه المجاري الخام تتراوح بين ٥- ٥٠ مجم /لتر.

الكلور المتبقي في مياه الصرف

الكلور في عمليات معالجة مياه الصرف الصحي له استخدامات عديدة مثل التطهير – تقليل الاكسجين الحيوي المستهلك – معالجة الروائح- تحسين عمليات ازالة الزيوت والشحوم – معالجة ظاهرة تضخم الحمأة –معالجة ظهور الرغاوي – وكمساعد في عمليات الترويب . ولكن أهم استخدام هو التطهير .

كمية الكلور المتبقي في المياه المعالجة بعد احواض التلامس تعتمد علي عدد بكتريا الكليفورم المسموح بها في المياه الخارجة . ولكن يجب ازالة الكلور المتبقي الزائد (اذا كان اكبر من ٠,٥ مجم / لتر) قبل القاء المياه في البحار والمحيطات والانهار للحفاظ علي الكائنات المائية والاحياء البحرية وخاصة الاسماك .

ويتحد الكلور سريعا في مياه الصرف الصحي بالامونيا مكونا الكلورامين ويسمي الكلور المتبقي المتحد .

طريقة قياس الكلور المتبقي

تستخدم طريقة اليود لتقدير الكلور المتبقي في عينات الصرف الصحي وتستخدم طريقة DPD لمياه المجاري التي لا تحتوي علي مواد مختزلة لليود .

تحليل النتائج المعملية

من المهم تحليل النتائج المعملية وترجمتها الي معلومات تفيد في عمليات معالجة وتشغيل المحطة ، فتهدف عمليات المعالجة أساسا في التخلص من المواد العضوية وخاصة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا والتي تعرف ب BOD . وفي حالات اخري قد يراد التخلص من المواد العضوية النتروجينية .

ومن ثم النتائج المعملية سوف تعطينا الدليل علي ان عمليات التخلص من المـــواد العضوية قد تمت بنجاح وبالدرجة المطلوبة أم لا ويتضح ذلك من المحددات التالية الموجودة في الجدول التالي :

جدول ٧-٨

النتائج المعملية وعلاقتها بمحددات عمليات المعالجة والتشغيل

مياه المدخل		
قيمة COD اكبر من أو تساوي قيمة BOD5	مفهوم عام	لان BOD5 هي جزء من COD
قيمة SS اكبر من VSS	مفهوم عام	لان VSS هي جزء من SS
قيمة TKN اكبر من N-NH4	مفهوم عام	لان N-NH4 هي جزء من TKN
نسبة VSS الي SS	في مياه الصرف المنزلية من ٠,٦٥ الي ٠,٨	اقل من ٠,٦٥ في حالة تدفق لماء المطر مع ماء المدخل يدل علي كفاءة الترسيب الأبتدائي
نسبة SS الي BOD5	٠,٨ الي ١,٤	تعتمد علي مكونات مياه المدخل الخام والاختلاف عن هذه النسبة قيد يكون بزيادة او نقصان ٠,٢
نسبة COD الي BOD5	في مياه الصرف المنزلية من ٢,٠ الي ٢,٥	لو كانت اكبر من ٢,٥ يدل ذلك علي ورود صرف صناعي
نسبةBOD5 الي TKN	في مياه الصرف المنزلية من ٤ الي ٥	تعتمد علي العادات الغذائية للشعوب

نسبة ازالة المواد العالقة في حوض الترسيب الأبتدائي SSin –SSpst/SSin	٠,٥ الي ٠,٦	تحدد كفاءة حوض الترسيب الأبتدائي في ازالة المواد العالقة
نسبة ازالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا في حوض الترسيب الأبتدائي BODin-BODpst/BODin	٠,٢٥ الي ٠,٣	تحدد كفاءة حوض الترسيب الأبتدائي في ازالة المواد المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا
BODin-BODpst / SSin –SSpst	± ٠,٣٥	± ٠,٥ مجم من BOD5 لكل مجم مزال من VSS

المياه المعالجة (مياه المخرج)	
COD in-CODout≥ BODin-BODout	ازالة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا هي جزء من ازالة المواد العضوية القابلة للاكسدة الكيميائية (التي تشمل المواد القابلة للتحلل بيولوجيا ايضا).
كفاءة ازالة المواد القابلة للتحلل بيولوجيا اكبر من كفاءة ازالة ازالة المواد العضوية القابلة للاكسدة الكيميائية	المواد القابلة للتحلل بيولوجيا BOD قابلة للتحلل اكثر من المواد العضوية القابلة للاكسدة الكيميائية COD
BOD5out> 0.4 ×SSout	BOD5out= soluble BOD5 +particularBOD5 ParticularBOD5 = ± 0.4 mg/l by mg/l of SS

ثالثا الأختبارات البكتيريولوجية Bacteriological Tests

الاختبارات التالية تشمل اهم الاختبارات البكتريولوجية التي تجـري علـي ميـاه الصرف :

- بكتريا القولون الكلية Total Coliform
- بكتريا القولون البرازية Fecal Coliform
- الفحص الميكرسكوبي Microscopic Examination

مجموعة بكتريا القولون(الكوليفورم)

يقدر العدد الاحتمالي لبكترياالكوليفورم للدلالة علي وجود البكتريا التب تخرج من امعاء الحيوانات ذات الدم الحار ، وزيادة اعداد بكتريا لكوليفورم تدل علي تلـوث المياه ، وعادة يشير وجود بكتريا الكوليفورم الي احتمال وجود بكتريا ممرضة في هذه المياه

تشمل مجموعة بكتريا الكوليفورم جميع البكتريا الهوائية واللاهوائية سالبة الجـرام والتي لا تكون حويصلات والعضوية التي تخمر اللاكتوز خلال ٤٨ سـاعة عنـد درجة ٣٥ مئوية .

بكتريا القولون الكلية Total Coliform

يجري هذا الاختبار علي مياه الصرف المعالجة (مياه المخـرج) بعـد تطهيرهـا بالكلور وذلك للتأكد من قدرة الكلورة علي القضاء علي أكبر نسـبة ممكنـة مـن الكائنات الممرضة بمياه المخرج بعد معالجتها خلال مراحل المعالجة المختلفة.

الفحص الميكرسكوبي Microscopic Examination

غالبا يتم اجراء هذا الفحص لعينات من السائل المخلوط الموجود فـي احـواض التهوية او المفاعلات البيولوجية والغرض الاساسي من هـذا الفحـص معرفـة خواص الحمأة المنشطة وأنواع الكائنات الدقيقة الموجودة ومدي سيادة وانتشار نوع

عن اخر ، ولهذا يعد الفحص الميكرسكوبي للحمأة المنشطة من الطرق الهامة للحكم علي كفاءة المعالجة البيولوجية .

ويهتم الفحص الميكرسكوبي بنقطتين اساسيتين :-

١- صفات وخواص الندف المتكونة.

٢- فحص البيئة البيولوجية داخل الماء .

٧-٥. النتائج المعملية وكفاءة وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية

احواض ازالة الرمال

تعد عملية حجز الرمال والحصي عملية هامة تمهيدية اولية في عمليات معالجة المخلفات ولابد من حذف هذه المواد مهما كانت طبيعة شبكة الصرف الصحي بالمدينة: موحدة (أي لجمع مياه الصرف ومياه الأمطار) أم منفصلة عن شبكة مياه الأمطار. وقد يبلغ تركيز الرمال ٢٠٠ مجم / اللتر في الشبكة المنفصلة وربما ٥٠٠مجم/اللتر أو أكثر في الشبكة الموحدة. ويتم حذف الرمال باستغلال فارق الكثافة بين المواد المعدنية (ك = ٢,٦٥ = *density*) وبين المواد العضوية (ك = ١,٢) التي لا بد أن تبقى عائمة أو عالقة عند مرورها بهذه المرحلة وهذا وجه الاختلاف مع أحواض الترسيب.

تقاس كفاءة احواض حجز الرمال بقدرتها علي أزالة الرمال من مياه الصرف الداخلة اليها فلتحديد هذه الكفاءة تقاس نسبة او تركيز الرمال لعينات من المياه الداخلة لوحدة حجز الرمال وتقاس لعينات من المياه الخارجة منها . كما يتم ايضا تحديد كمية وحجم وقطر الجسيمات في المياه وخاصة حبيبات الرمال باستخدام مناخل خاصة.

أحواض حجز الزيوت والدهون

غالبا ما تحتوي المخلفات السائلة علي كميات من الزيوت والدهون وذلك لصرف كثير من المطاعم والفنادق مخلفاتها علي الشبكة العامة للصرف الصحي اذا تحتوي

المجاري متوسطة التركيز نسبة لا تقل عن ١٠٠ مجم لكل لتر من الزيوت والدهون الكلية في المياه ، ويفضل في حالة تواجد كميات كبيرة من الزيوت والمواد الدهنية في المخلفات السائلة(اكثر من ٥٠ مجم / لتر) أن تفصل هذه المواد عن المخلفات قبل دخولها أحواض الترسيب الأبتدائي.

وتتم ازالة الزيوت في أحواض خاصة تتراوح مدة المكث فيها من عشرة الي عشرون دقيقة ، وقد تزود هذه الأحواض بهواء مضغوط مما يساعد علي تجميع حبيبات الزيت مع بعضها وطفوها علي سطح الحوض .

ويزود مخرج الحوض بحائط لمنع خروج الزيوت الطافية مع بقية المخلفات السائلة ، ويتم كشط هذه الزيوت كلما تجمعت ويتم التخلص منها اما بدفنها في خنادق في الأرض أو بحرقها مع المواد التي حجزت من المصافي .

تقاس كفاءة احواض حجز الزيوت والدهون بقدرتها علي حجز الزيوت والدهون من المياه

فلتحديد هذه الكفاءة تقاس نسبة أو تركيز الدهون والزيوت الكلية في المياه الداخلة لهذه الأحواض وهي غالبا مياه المدخل (المياه الخام) ثم قياس تركيز الدهون والزيوت الكلية في المياء الخارجة من الأحواض.

أحواض الترسيب الأبتدائي

تقاس كفاءة احواض الترسيب بقدرتها علي ازالة المواد العالقة والمواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ، فلتحديد هذه الكفاءة تقاس نسبة او تركيز المواد العالقة والBOD لعينات مياه الداخلة لحوض الترسيب وتقاس ايضا للعينات الخارجة منه وبمقارنة النتيجتين يمكننا حسب نسبة ازالة المواد العالقة وازالة BOD وبالتالي تحديد كفاءة حوض الترسيب وهذا يتضح منخلال المعادلة الاتية:-

كفاءة عملية الترسيب =

[المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب - المواد العالقة الخارجة من حوض الترسيب]

[المواد العالقة الداخلة الي حوض الترسيب]

Sedimentation Efficiency =

Inlet S.S of sedimentation Tank - Outlet S.S of sedimentation Tank

Inlet S.S of sedimentation Tank

<u>أحواض التهوية</u>

تقوم احواض التهوية بالتلخص من من ٧٠ الي ٨٠ % من الملوثات. ولتحديد كفاءة الأحواض في ازالة الملوثات يتم حساب حمل الملوثات الداخل لحوض التهوية وحساب حمل الملوثات للمياه الخارجة منه ويشمل هذا الحمل :

١- الأكسجين الحيوي المستهلك (الذي يتضمن التلوث العضوي القادم مع المياه المتدفقة لحوض التهوية من احواض الترسيب الأبتدائي بالاضافة الي المياه العائدة لحوض التهوية من وحدات المعالجة الاخري) .

٢- المواد العالقة (الذي يتضمن التلوث القادم [المواد العالقة]مع المياه المتدفقة لحوض التهوية من احواض الترسيب الأبتدائي بالاضافة الي المياه العائدة لحوض التهوية من وحدات المعالجة الاخري) .

<u>أحواض تكثيف الحمأة (المكثفات)</u>

تقوم المكثفات بتكثيف وتغليظ الحمأة (الرواسب الصلبة) الداخلة اليها من أحواض الترسيب الأبتدائي أو النهائي اي الحمأة الأبتدائية او النهائية. وتقاس كفاءة المكثفات لقدرتها علي تكثيف وتغليظ الحمأة الداخلة اليها . ولتحديد كفاءة الأحواض في التكثيف تقاس تركيز الحمأة الداخلة وتركيز الحمأة المتكثفة ومن خلال المعادلة التالية يمكننا تحديد كفاءة التكثيف للاحواض .

كفاءة التكثيف% =

[تركيز الحمأة المتكثفة- تركيز الحمأة الداخلة / تركيز الحمأة المتكثفة]×١٠٠

كفاءة محطة المعالجة

تتحدد كفاءة مشروع او محطة المعالجة طبقا للغرض الذي انشئت المحطة من اجله ، فاذا كانت المحطة مثلا صممت لازالة المواد العالقة فقط فسوف تتحدد كفائتها بقدرتها علي ازالة المواد العالقة واذا كانت المحطة صممت لازالة المواد العالقة والمواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا فسوف تقاس كفاءتها طبقا لهذه الغرض الذي صممت وأإنشئت من اجله .

وتقاس الكفاءة بتحديد نسب وتركيز المواد المراد ازالتها والتخلص منها في كل من مياه المدخل (مياه الصرف الخام) ومياه المخرج (مياه الصرف المعالجة) والفرق بين التراكيز يحدد كفاءة الازالة والتخلص والذي هو معيار كفاءة مشروع المعالجة.

والمعادلات الاتية تبين كفاءة مشروع المعالجة ككل:-

كفاءة المشروع في ازالة المواد العضوية =

[ترئيزالاكسجين الكيميائي المستهلك في مياه المدخل- تركيزالاكسجين الكيميائي في مياه المخرج]

[تركيز الاكسجين الكيميائي المستهلك في مياه المدخل]

كفاءة المشروع في ازالة المواد العالقة % =

[تركيز المواد العالقة في مياه المدخل- تركيز المواد العالقة في مياه المخرج]

١٠٠x ---

[تركيز المواد العالقة في مياه المدخل]

وغالبا تتحدد كفاءة المشروع المطلوبة في وحدات المعالجة بالحمأة المنشطة المصحوبة بوحدات ترسيب ابتدائي ونهائي ب ٩٧ % لازالة المواد العالقة و ٩٥ % لازالة الاكسجين الحيوي المستهلك و من ٩٠ الي ٩٢% لازالة الاكسجين الكيميائي المستهلك.

٧-٦. ضبط الجودة داخل معامل مياه الصرف

يعتبر الحصول علي نتائج دقيقة موثوق فيها هدف اسمي يسعي الي تحقيقه كل العاملين والمهتمين بمجال الأختبارات المعملية ، سواء كانت فيزيائية او كيميائية او بيولوجية .

فالمعامل القائمة في المؤسسات العلمية والصناعية والبيئية مثل معامل المياه والصرف ذات اهمية كبري ، فهذه المعامل تعمل علي مراقبة وتوكيد جودة المنتج الا وهو المياه المنتجة او مياه الصرف المعالجة بحيث تتوافق هذه المياه مع المواصفات القياسية الموضوعة ، مما يهدف الي تطويرتقنيات معالجة المياه وضمان جودتها وسلامتها .

فكل التطبيقات العلمية الحديثة قد افرزتها مؤسسات تمتلك معامل اختبارات تطبق احدث نظم الجودة في الادارة ومنها ضبط و توكيد الجودة للحصول علي أدق النتائج .

فهناك خطأ شائع لدى العاملين في المعامل وخارجها وهو أن عدم الحصول على نتائج موثوقة،يتعلق بعملية التحليل نفسها، وهذا في الواقع غير صحيح .فعدم التطبيق الكامل لانظمة ضبط وتوكيد الجودة داخل المعامل من اهم الأسباب التي تؤدي للحصول علي نتائج غير دقيقة.

يهدف نظام الجودة بالمعمل الي تقليل نسبة الخطأ في نتائج الأختبارات المعملية ، وهذا النظام هو جزء من نظام توكيد وضمان الجودة (Quality Assurance System) الذي يعمل علي تطوير الانظمة الادارية في الجودة و العمليات التنفيذية والفنية داخل المعامل للتأكد من كفاءتها ودقة النتائج المعملية .

تنص مواصفة الطرق القياسية لاختبار المياه ومياه الصرف

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Ed علي ضرورة تطبيق انظمة ضبط وتوكيد الجودة لمعامل المياه و الصرف

وذلك من اجل الحصول علي نتائج موثوق فيها يتم تحليلها لعمل المراقبة والتحكم لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي.

ومن هنا نتبين اهمية النتائج المعملية داخل معامل مياه الصرف .

ومن ثم فلابد ان يتوافر نظام لضبط الجودة بالمعمل يعتمد علي الأنشطة والتقنيات التحليلة اي عمليات التحليل نفسها وهو يعني بدقة النتائج ومصداقيتها ، ثم نظام توكيد الجودة وهو خاص بتوكيد جودة جمع العينات وجودة الأختبارات والمعايرة من خلال تقييم ودراسة النتائج و تحليلها احصائيا ومقارنتها بنتائج اخري قياسية معتمدة .

ويمكننا تعريف ضبط الجودة داخل المعمل بانه الأنشطة والتقنيات التي تستخدم لتحقيق متطلبات مواصفة قياسية معينة وبالنسبة لمعامل المياه والصرف تعد مواصفة الطرق القياسية لاختبار المياه ومياه الصرف هي المواصفة المعتمدة لهذه المعامل طبقا لتوصيات الوكالة الامريكية لحماية البيئة وطبقا لهذه المواصفة فان عمليات ضبط الجودة تشمل الاجراءات التالية :

١ اجراء تجارب بلانك Blank

٢ قياس متكرر (Duplicate)

٣ تحليل عينات مضاف اليها تركيزات معلومة spike

٤ اصدار رسوم الضبط البيانية بنوعية التحاليل

٥ استخدام عينات مرجعية

ويهدف نظام توكيد الجودة بالمعمل للاهداف التالية:

أ- التاكد من ان البيانات الناتجة من المعمل دقيقة ويمكن الاعتماد والوثوق فيها.

ب-التأكد من ان العينات المأخوذة ممثلة لمجتمع البحث او الدراسة.

ت- التأكد من ان جميع العمليات المعملية معتمدة حسب المواصفات القياسية الموضوعة.

ث-التأكد من ان جميع المعدات والاجهزة قد تم معايرها وضبطها طبقا المواصفات القياسية الموضوعة.

ج- التأكد من ان الاجراءات التصحيحية الجيدة فعالة وتطبق عند الحاجة اليها .

تسعى المعامل التحليلية في العالم دائماً إلى إعطاء نتائج تحليلية صحيحة ودقيقة وإلى إثبات مستوى الدقة والصحة التي تتميز بها نتائجها ، ويتحقق ذلك من خلال تطبيق نظم ضمان الجودة وإدخال آليات ضبط الجودة في متن العمليات التحليلية اليومية بشكل منهجي ومنظم.

وكما هو معلوم من خلال معايير جودة القياسات والتحاليل أن تكون دقيقة وصحيحة وقابلة للمقارنة ،ولهذا فإن برامج ضبط وتوكيد الجودة تعدّ أداة لتقييم صحة النتائج التحليلية وقابلية مقارنتها.

ومن ثم فان تطبيق نظم ضبط وتوكيد الجودة من اهم الطرق للحصول علي نتائج موثوق فيها وذات درجة عالية من المصداقية.

ومعامل مياه الصرف يجري فيها العديد من الأختبارات الكيميائية والفيزيائية التي تحدد درجة معالجة مياه الصرف الملوثة خلال وحدات المعالجة التمهيدية والأبتدائية والثانوية ، وهذه الأختبارات هي من محددات التشغيل الجيد لهذه المحطات ، وتتم هذه الأختبارات بصورة روتينية يومية مما يستلزم التأكد من جودة هذه الأختبارات ودقتها. ويتم ذلك من خلال نظام دقيق لضبط وتوكيد الجودة يشمل الافراد والاجهزة وتقنيات وطرق الأختبارات نفسها.

المؤشرات المؤثرة علي مدي الثقة في نظام المراقبة والتحكم لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي.

إن الهدف العام لنظام المراقبة والتحكم لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي هو إنتاج بيانات تكون ممثلة، يمكن تكرارها، ويعتمد عليها ومتوافقة ويمكن استخدامها في المقارنة. وهذه البيانات تستخدم اساسا في التشغيل الجيد

للمحطات وتحقيق اقصي كفاءة ممكنة لوحدات المحطة واقصي معدل للاداء الكفء في التشغيل ،وتعتمد هذه البيانات على الإجراءات التي يتم تطبيقها من أجل التحكم في الجودة وتوكيدها خلال سلسلة إنتاج البيانات، أى خلال تحديد الحجوم، أخذ العينات، المعالجة الأولية للعينات، ومعالجة العينات وتحليلها، ثم معالجة البيانات وكتابة التقارير.

وهناك مؤشرات تؤكد الثقة في عمليات مراقبة لعمليات معالجة وتشغيل محطات الصرف الصحي وهذه المؤشرات تتعلق بنظامي التحكم في الجودة وتوكيد الجودة الذين يختصان بالعمليات الاتية:

١-المعايرة والصيانة والقياسات والتوثيق .

٢- انتاج البيانات من السجلات والقياسات بالاضافة الي بيانات الخاصة بالاختبارات المعملية .

وبعد القيام بعمليات توكيد وضبط الجودة لابد من وجود مؤشرات للثقة في هذه العمليات وهذه المؤشرات تتعلق بمبدأ عدم التأكد او عدم اليقين في النتائج او البيانات

وتنحصرعمليات عدم التأكد في النقاط الثلاثة الاتية :

أ- مدي الثقة .

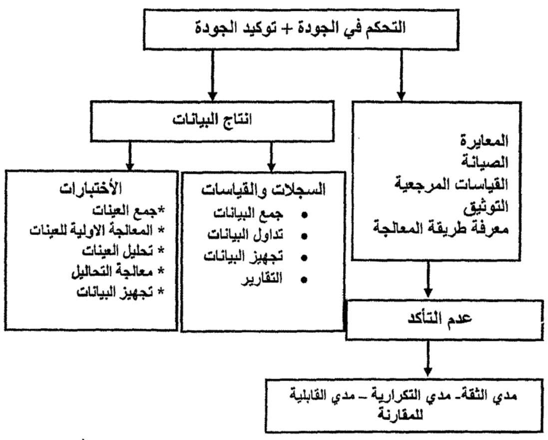
ب-مدي التكرارية.

ج- مدي القابلية للمقارنة.

ويجب أن تؤخذ هذه العوامل في الاعتبار عند أخذ العينات و معالجتها و تحليلها وكذلك عند معالجة البيانات وإبلاغها. ويجب وضع متطلبات سلسلة إنتاج البيانات بأكملها في برنامج المراقبة والتحكم. وبالإضافة إلى ذلك فإن تطبيق الإجراءات

الملائمة للتحكم في الجودة وتوكيدها هام جدا للحصول على أقصى درجة من الثقة والتكرارية وإمكانية المقارنة.

والشكل التالي يبين مؤشرات الثقة في مراقبة والتحكم لعمليات معالجـة وتشـغيل محطات الصرف الصحي.



شكل ٧–٥ مخطط المؤشرات المؤثرة علي مدي الثقة في نظام المراقبة والتحكم لعمليات المعالجة

٧–٧. أجهزة التحكم المستخدمة في منشآت معالجة مياه الصرف

تشوب عمليّات معالجة مياه الصرف اضطرابات مستمرّة وتغيّرات لا يمكن كشـفها بالدّقة والسرعة اللازمتين لتأمين تشغيل سليم للمنشأة باستخدام القياسات اليدوية . ومن أبرز الاضطرابات تلك المتعلقة بمياه الصرف الداخلة إلى المصنع، ومنها تغيّر معدل

التدفق وتغير التركيب البيولوجي والكيميائي والحرارة والكثافة . وتتيح أجهزة التحكم الآلية مراقبة مستمرّة لمتغيّرات العمليّة ، ونقلاً سريع للمعلومات إلــى المُشــغل أو المدير، وتنفيذًا آليًا لتدابير تصحيحية حسب الحاجة . ويشهد استخدام أجهزة الـــتحكم تزايدًا مستمرًا إزاء تعدد فو ائدها في تحسين أداء العمليّات والأجهزة، وتسهيل العمل على المستخدمين.

أولا نظام التحكم النموذجي

يتكون نظام التحكم النموذجي من الأجزاء التالية : جهاز القياس؛ وجهــاز إرســال الإشارة؛ وشاشة لعرض البيانات؛ ونظام الــتحكم؛ والحاســوب؛ وغرفــة الــتحكم المركزي.

١ -أجهزة القياس

تضم أجهزة القياس، المعرو فة بأجهزة الاستشعار، أدوات ترصد وتقيس أو تحســب متغيّرات العمليّات .وتقع هذه المتغيّرات في ثلاث فئات هي : المتغيّرات الفيزيائيــة (كالدفق والضغط والمستوى والحرارة)؛ والكيميائية(كالأس الهيدروجيني، وإمكــان خفض الأكسدة، وال تعكر والتوصيل، والأكسجين المــذاب، والكلــور المتبقــي)، والبيولوجية (كمعدل استهلاك الأكسجين، ومعدل خفض مجموع الكربون العضوي، ومعدل نمو الحمأ ة).وتستطيع أجهزة الاستشعار قياس المتغيّرات بطرق مباشــرة أو غير مباشرة (استدلالية)، ومتصلة أو منفصلة، ومستمرة أو متقطعة.

٢ -أجهزة إرسال الإشارة

تتولى أجهزة إرسال الإشارة نقل متغيّر العملية من جهاز الاستشعار إلى شاشة عرض البيانات أو

نظام التحكم . ويكون الإرسال بطريقة ميكانيكية عبر حركة قلم أو مؤشر أو عوّامة أو كابل، أو بطريقة هوائية عبر كاشف أو مضخم، أو بطريقة إلكترونية عبر تــوتر أو تيّار كهربائي أو أمد النبض أو طنين.

وخلال الإرسال عبر توتر أو تيّار كهربائي، تنقل الإشارات بواسطة تيّار مستمرّ بقوّة مليأمبير أو إشارات توتر؛ وخلال الإرسال عبر أمد النبض، تكون مدّة إرسال التوتر متناسبة مع البيانات المقيسة؛ وخلال الإرسال عبر طنين، تستخدم خطوط الهاتف العادية.

ومؤخرًا، بدأ تطوير واستخدام الإرسال اللاسلكي والإرسال عبر موجات دقيقة . وهذه الطريقة تناسب الحالات التي تتباعد فيها نقاط التجمّع أو لا تتوفر فيها خطوط للهاتف .ويزداد الاهتمام بأنظمة التحكم الإلكترونية واللاسلكية وذات الموجات الدقيقة لأسبابٍ عدّة، فالإشارات الإلكترونية تستطيع العمل عبر مسافاتٍ بعيدة دون تأخر زمني، وتلائم الحاسوب وتستطيع معالجة عدّة إشاراتٍ داخلة . ومع تقنيات السلامة الذاتية، أصبحت الأخطار الكهربائية معدومة والأجهزة الإلكترونية هي صغيرة الحجم عادة و أقل كلفة ولا تستلزم أيّة صيانة.

٣ -شاشة عرض البيانات

تعرض هذه الأجهزة البيانات عن العمليّات في نمطٍ سهلٍ للمشغل . ومن أكثر أجهزة العرض شيوعًا المؤشرات والمسجّلات وحاسبات المجموع . وتظهر المعلومات عادة على لوحٍ للعرض أو على شاشة حاسوب .وتوضع أجهزة ا لعرض إما على مقربة من المعدّات، أو في غرفة مركزية للعمليّات حيث تخدم المنشأة بأسرها.

٤ -أجهزة التحكم

تقسم أجهزة التحكم المستخدمة في مجال هندسة المياه العادمة إلى ثلاث فئات :

أ- تحكم رقمي

ب- تحكم نظيري

ح- تحكم آلي .

فأجهزة التحكم الرقمي تتخذ واحدة من حالتين (دائر/ مُطفأ أو مفتوح/ مُغلق أو إنذار/طبيعي)، وتعطي الإشارة التي ترسلها مـ تيح التحويل مؤ شرًا عن تغيّر حالة

النظام؛ وأنظمة التحكم النظيري تبث البيانات على شكل هامش من القيم وتستخدم لقياس معدل الدفق والتركيز والمستوى؛ وأجهزة التحكم الآلي تصنف باعتبارها أنظمة ذ ات عمل متقطع يربط حالة المعدّات بقيمة محدّدة أو برنامج أحداث، أو أنظمة ذات عمل مستمر يتطلب إدخال قياس نظيري ويؤدّي إلى تشغيل عنصر تحكم نهائي . ويتكوّن عنصر التحكم من دارات تحكم للتغذية والتغذية الراجعة .

٥ -أنظمة التقاط البيانات

تتولى أنظمة التقاط البيانات تجميع وعرض البيانات المُرسلة من الحاسّات بفعالية . وتعطي الأنظمة الحديثة من هذا النوع والمعروفة بأنظمة التحكم الرقابي والتقاط البيانات قياسات دقيقة، وتوثيقًا مجرّدًا لقياسات العمليّة، وتشغيلا فعالا .وتنتج هذه الأجهزة التصحيحات اللازمة للعمليّة، ومنها المحاليل الكيميائية، وإمدادات الهواء، وبرامج تشغيل المضخات.

وتوضع أنظمة التقاط البيانات في غرفة تحكم مركزي إلى جانب أجهزة تشغيل عناصر التحكم النهائية، بحيث يتطلب تشغيل محطة كبيرة للمعالجة عددًا قليلا من الموظفين.

٦ -الذكاء الاصطناعي

أدّى ال تطوّر التكنولوجي في مجال الذكاء الاصطناعي إلى استخدام هذه التكنولوجيا في محطات معالجة مياه الصرف، ولا سيّما الأنظمة الخبيرة وأنظمة التحكم المشوّشة والشبكات العصبية(انظر الجدول التالي).

جدول ٧-٩

أنظمة الذكاء الاصطناعي

وصف النظام	نظام الذكاء الإصطناعي
o يتضمّن نماذج رياضية تضم مبادئ ووقائع يستخدمها عمّال التشغيل ذوي الخبرة لاتخاذ القرارات. o يتكوّن من واجهة تبادليّة الفعل تتيح لعمّال التشغيل الحصول على المعلومات اللازمة . o قد يعتبر بدائيًا إزاء تعقيد عمليات المعالجة. o قد يختلف الخبراء على القواعد المقترحة.	نظام خبير
o يتكوّن من نظام تفكير يتضمّن نماذج نوعية وكمية للعمليّات وخليطًا من تقنيات التحكم الأوتوماتيكي والأنظمة الخبيرة ▪ ويستخدم أنظمة خبيرة للتحكم بعمليات المحطة ▪ يعبّر عن طرق الخبراء في التشغيل عبر قواعد من نوع(if-then) o يجمّع البيانات ويتحكم بالعمليّات بالتغذية الراجعة o يتيح تحكمًا سهلا بالعمليات ويخفف من حمولة العمل واستخدام المواد الكيميائية واستهلاك الطاقة ويحسّن أداء المحطة عمومًا	نظام تحكم مشوش
o يعطي للحاسوب القدرة على التعلم o يزوّد بالبيانات الداخلة والنتائج المتوقعة ثمّ يتعلم عبر تعديل معادلات التعرّف الداخلية o يصبح قادرًا بعد تدريبه على حلّ المشاكل عبر مقارنة المداخل لحالة سابقة والبيانات التاريخية للمحطة o من سيئات هذا النظام إمكانية نقص التحذير إذا وصلت العملية إلى حالة لم تحصل سابقًا	الشبكات العصبية
المصدر Instrumentation in wastewater treatment facilities. Manual of practice No. 21. Virginia, Water Environment Federation, 1993. H. D. Gilman et al.	

الاتجاهات والاهتمامات الجديدة لأجهزة القياس

يؤدّي استخدام معدّات جديدة للقياس أكثر دقة في السنوات المقبلة إلى إلمـــام أفضـــل بخصائص مياه الصرف .فأجهزة القياس الحديثة تعطي قيمًا بـــالميكروجرام وحتـــى النانوجرام في الليتر، بحيث يمكن اكتشاف الملوثات الموجودة في ميـــاه الصـــرف

بكمّيات ضئيلة جداً .وذلك يتيح مراقبة مجموعة أكبر من المركبات، وبالتالي الامتثال لقوانين صارمة بشأن صرف مياه الصرف.

والتوصيف المتطوّر لمياه الصرف سيؤدي بالتالي إلى إلمام أفضل بسلوك مكوّناتها وعلاقتها بأداء عمليّات المعالجة . فاستعمال تقنيات ميكروبيولوجية حديثة، مثلاً، يساعد في تحقيق أداء أمثل لعمليّات المعالجة البيولوجية بحيث يُعزّز تصميم وتشغيل محطات المعالجة .

٧-٨. عمليات التفتيش البيئي علي محطات الصرف

يهدف التفتيش على محطات معالجة الصرف الصحي إلى الكشف على كفاءة عمليات المعالجة والالتزام بحدود الملوثات السائلة والغازية والصلبة المسموح بها فى القانون. وهذا بدورة يؤدى إلى خفض التأثيرات البيئية السلبية. وتؤدى فاعلية التفتيش إلى حماية البيئة وكدلك حماية الصحة العامة.

<u>وفيما يلي أهداف التفتيش على محطات معالجة الصرف الصحي:</u>

- التأكد من أن مؤشرات أداء المحطة يتم قياسها وتسجيلها وبيان فاعلية المعالجة.
- التأكد من أن المياه المعالجة تطابق القانون للصرف على المسطحات المائية التى تصب فيها إما بالقياس أو بالمعاينة.
- التأكد من تطابق المنشآت لمتطلبات قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ الخاص بالحدود المسموح بها لمؤشرات تلوث المياه والهواء مع إعداد سجل بيئي فى كل محطة بشرط أن يكون السجل مستحدث.
- التأكد من تطبيق نظام الرصد الذاتى فى محطات معالجة الصرف الصحي.

نقط واماكن عمليات التفتيش

- **مياه الصرف**

- شبكة الصرف ونقطة الصرف النهائى(مبين فى الخرائط الخاصة بشبكة الصرف).
- كمية مياه الصرف المنصرفة (م٣/يوم).
- نقاط مخارج الصرف.
- هل هناك صرف صناعي يصرف علي الصرف الصحي ام لا وهل الصرف الصحى مفصول عن الصرف الصناعى أم مجمع معه.
- نقاط استقبال الصرف (النيل – المصارف – البحر – إعادة الأستخدام).

- ***محطة المعالجة***

-مكان المحطة والوحدات المحيطة بها.
-نوع وتوصيف عمليات المعالجة.
-وصف معدات محطة المعالجة ومؤشرات التصميم.
-أحمال مياه الصرف قبل وبعد المعالجة.
-طبيعة المياه قبل وبعد المعالجة.
-كفاءة التصميم والكفاءة الفعلية.

- ***تولد الحمأة***

-مصادر تولد الحمأة.
-معالجة الحمأة.
-خواص الحمأة الناتجة.
-كمية الحمأة.
-طرق التخلص النهائى من الحمأة.

- ***انبعاثات الرائحة***

-مصادر الانبعاثات.

-نوع الرائحة.

- ***الكيماويات المستخدمة***

-نوع الكيماويات المستخدمة.

-كمية الكيماويات.

-أساليب التخزين.

- ***خطة الطوارئ***

-وجود خط صرف بديل "By Pass"

-وجود عمال صيانة مدربين.

- ***خطة الرصد***

-المؤشرات الواجب رصدها.

-جدول أخذ عينات.

-مواقع أخذ عينات.

-المعامل التى يتم بها التحاليل (خارج أو داخل محطة المعالجة).

-اسم المسئول.

-طرق التحاليل.

-التقارير الداخلية.

-صيانة ومعايرة أجهزة الرصد الذاتى.

ويمكن للمفتشين اكتشاف أي نتائج غير صحيحة للتحاليل الواردة من معامل المحطة من خلال ملاحظة العلاقات بين المؤشرات المختلفة كالآتي:

- قيم الأكسجين الكيميائي المستهلك يجب أن تكون أعلى من قيم الأكسجين الحيوي المستهلك(أو مساوية لها في بعض الاحيان عندما تكون مياه

الصرف تحتوي بالكامل علي مواد قابلة للتحلل بيولوجيا بسهولة وبسرعة).

- القيم المرتفعة للزيوت والشحوم يصحبها ارتفاع قيم الأكسجين الكيميائي المستهلك .
- قيم المواد الصلبة الكلية يجب أن يكون أعلى من قيم المواد الصلبة العالقة.
- قيم المواد الصلبة الكلية يجب أن يساوى قيم المواد الصلبة العالقة + قيم المواد الصلبة الذائبة.
- ويجب أيضا على المفتشين مراجعة العلاقة بين التدفق الفعلي وكفاءة محطة المعالجة أثناء التفتيش من أجل مقارنة قيم التشغيل الفعلي مع معدلات التصميم (كلما قلت قدرة التشغيل كلما زادت كفاءة المحطة وكلما قل الحمل الهيدروليكي كلما زادت جودة المياه المعالجة).
- ويجب على المنشأة أن تقوم بتنفيذ نظام للرصد الذاتى لمحطة المعالجة ويتم تنفيذ الرصد وأخذ العينات وتحليلها وتدوين جميع التفاصيل مثل المؤشرات التى يتم رصدها ومواقع أخذ العينات ومعدلات سحب العينات وأنواع العينات والطرق التحليلية. ويوضح الجدول التالي بعض المسائل التفتيشية بالنسبة لأساليب المعالجة الرئيسية (الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية).

جدول ٧-١٠

بعض الدلائل للتفتيش على طرق المعالجة الرئيسية

المعالجة الفيزيائية	المعالجة الكيميائية	المعالجة البيولوجية
- انسداد / طفح - الروائح الكريهة - خبث - الذباب - الضوضاء	- أنواع الكيماويات المستخدمة - معدل استهلاك الكيماويات - كفاءة عملية فصل الحمأة ودرجة العكارة فى الصرف المعالج - قيمة الأس الهيدروجيني pH - اللون	- الروائح الكريهة - اللون الأسود - استهلاك المغذيات - فقاقيع الهواء (كاختبار لمعدل نشاط الحمأة البيولوجية) - الذباب - الخبث فى المرشحات البيولوجية - الرغاوى التى تدل على قدم الحمأة

الانبعاثات المختلفة والمخلفات الناتجة عن تشغيل محطات معالجة الصرف

ينتج عن تشغيل محطات الصرف الكثير من الانبعاثات والمواد والمخلفات وهي ناتجة عن عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية مثل إزالة الملوثات والفضلات من مياه الصرف والنشاط الميكروبي للكائنات الحية الدقيقة المحللة للمواد العضوية وغيرها .

١- الانبعاثات الغازية

ينتج عن تحلل وتكسير مياه الصرف والحمأة إنطلاق كثير من الغازات الضارة والتي تختلف في طبيعتها من غاز لاخر فبعضها يسبب الاختناق والحساسية وبعضها يكون قابل للاشتعال والاخر قد يكون ذا سمية عالية . وهذه الغازات تشمل

الأمونياNH_3، وثاني اكسيد الكربونCO_2، وأول اكسيد الكربون CO، وكبريتيد الهيدروجينH_2S، والميثانCH_4. والجدول التالي يبين بعض أنواع الغازات الضارة المتولدة نتيجة الانشطة الميكروبية لانظمة معالجة مياه الصرف.

جدول٧-١١

الغازات الناتجة من محطات الصرف

الغاز	أخف/ اثقل من الهواء	التأثير
الامونيا	أخف	مسبب قوي لحساسية الجهاز التنفسي
ثاني اكسيد الكربون	اثقل	خانق يسبب
أول اكسيد الكربون	اثقل	خانق يسبب نقص الاكسجين المتدفق للدم
كبريتيد الهيدروجين	اثقل	مسبب شديد لحساسية القنوات التنفسية وخانق
الميثان	أخف	خانق وقابل للاشتعال
المصدر Wastewater Pathogens, by Michael H. Gerardi and Mel C. Zimmerman 2005 John Wiley & Sons, Inc.		

٢- المركبات العضوية المتطايرة VOCs

تمثل هذه المركبات ايضا بعض الخطورة علي الصحة وتنتج هذه المركبات خلال التحلل اللاهوائي للبروتينات النتروجينية والكبريتية الموجودة في مياه وحمأة الصرف .

٣- الروائح

وتنبعث أيضاً الروائح الكريهة الناتجة من هذه الغازات كنتيجة للحمل العضوي الزائد للصرف أو بسبب المشاكل والأعطال وسوء الصيانة للمرشحات الزلطية أو المروقات الأولية والثانوية أو أحواض تثخين الحمأة.

٣- السموم البيولوجية

هناك كميات واعداد هائلة من البكتريا سالبة الجرام وموجبة الجرام موجـودة فـي مياه الصرف والحمأة وفي صورة متطايرة في هواء مشـاريع معالجـة الصـرف والسموم المفرزة والمنتجة بواسطة هذه البكتريا تعرف بالسموم الداخلية والخارجية. Endotoxins and Exotoxins

٤- المخلفات الصلبة

تشمل المخلفات الصلبة الناتجة عن محطات معالجة الصرف مخلفـات المصـافى وأحواض حجز الرمال والزلط والمكشوط (Scum) والحمأة. وعادة تكون الحمـأة الناتجة عن عمليات معالجة الصرف فى شكل سائل أو شبه سائل قبل مرحلة نـزع المياه. وتعتبر المشاكل المتعلقة بالحمأة معقدة حيث أن الحمأة تحتوى غالبـا علـى المواد المسئولة عن المواصفات الكريهة لمياه الصرف الغير معالجة.

مؤشرات بيئة العمل والرصد الذاتي للصحة والسلامة داخل محطات الصرف

يبين الجدول التالي أمثلة لمؤشرات بيئة العمل والرصد الذاتى للصحة والسـلامة المهنية داخل محطات الصرف وهي تشمل الضوضـاء والانبعاثـات الكيميائيـة والغازات الضارة والمخلفات الصلبة .

جدول ٧-١٢

بيئة العمل والرصد الذاتى للصحة والسلامة المهنية داخل محطات الصرف

المؤشر	طريقة الرصد	الدلالة
الضوضاء	القياسات	-التوافق مع اللوائح المطلوبة . -جودة بيئة العمل-السلامة – الصحة
انبعاثات الكيماويات (الجير- الصودا الكاوية- حمض الكبريتيك)	تحليل الغاز	جودة بيئة العمل-مخاطر من الامراض المهنية
تداول وانسكابات الكيماويات (البوليمرات)	- مشاكل في التنفس نتيجة الاستخدام اليومي -ملاحظة أتربة البلمرات والأرضيات الزلقة.	جودة بيئة العمل-السلامة – الصحة
كبريتيد الهيدروجين والميثان	قياسات الغازات	مخاطر الاختناق
غبار البكتريا- الكيماويات	الكشف الطبي (الجلد- الكبد-العين)	جودة بيئة العمل-السلامة – الصحة
المخلفات الصلبة	الملاحظة	تولد الروائح الكريهة جودة بيئة العمل-السلامة – الصحة

الباب الثامن

قواعد السلامة والأمن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي

مقدمة

٨-١. المخاطر المحتملة في محطات مياه الصرف الصحي.

٨-٢. أولا المخاطر البيولوجية.

٨-٣. ثانيا مخاطر المواد الكيماوية.

٨-٤. ثالثا أخطار غاز كبريتيد الهيدروجين وأحتياطات السلامة معه.

٨-٥. مخاطر الكلور.

٨-٦. مخاطر الخزانات.

٨-٧. مخاطر الكهرباء.

الباب الثامن

قواعد السلامة والامن داخل محطات

معالجة مياه الصرف الصحي

مقدمة

إن الهدف من هذه المحطات هو التخلص من الملوثات الصلبة والسائلة والغازية ما أمكن ذلك من خلال مجموعة عمليات مجدية تقنياً ويمكن بلوغها مالياً وهي تشمل الترسيب والتخثر والتندف والتهوية والتطهير والترشيح ومعالجة الحمأة.

والمخاطر النوعية المتعلقة بكل عملية تحدد اعتمادا على تصميم المحطات وعلى المواد الكيميائية المستعملة في العمليات المختلفة ، وإن المبدأ الرئيسي للوقاية أو لإنقاص التأثيرات الضارة الناشئة عن العمل في المحطات يعتمد على توقع المخاطر وتمييزها وتقييمها ومكافحتها .

<u>تعريف السلامة المهنية</u>

توفير الحماية المهنية للعاملين و الحد من خطر المعدات و الآلات والمواد المستخدمة ونواتجها على العمال ومكان العمل و محاولة منع وقوع الحوادث وأمراض المهنة أو التقليل من حدوثها و توفير الجو المهني السليم الذي يساعد العمال على العمل.

<u>اهدف السلامة المهنية</u>

١-حماية العنصر البشري من الإصابات الناجمة عن مخاطر بيئة العمل وذلك بمنع تعرضهم للحوادث والإصابات والأمراض المهنية .

٢- الحفاظ على مقومات العنصر المادي المتمثل في المنشآت وما تحتويه من أجهزة ومعدات من التلف والضياع نتيجة للحوادث .

٣- توفير وتنفيذ كافة اشتراطات السلامة والصحة المهنية التي تكفل توفير بيئة

آمنة تحقق الوقاية من المخاطر للعنصرين البشري والمادي .

٤- تستهدف السلامة والصحة المهنية كمنهج علمي تثبيت الآمان والطمأنينة في قلوب العاملين أثناء قيامهم بأعمالهم والحد من نوبات القلق والفزع الذي ينتابهم وهم يتعايشون بحكم ضروريات الحياة مع أدوات ومواد وآلات يكمن بين ثناياها الخطر الذي يتهدد حياتهم وتحت ظروف غير مأمونة تعرض حياتهم بين وقت وآخر لأخطار فادحة .

٥- إزالة الخطر من منطقة العمل من خلال دراسة وتحليل المخاطر.

٦- تقليل الخطر إذا لم تتم إزالته.

٧- توفير جو العمل المريح.

٨- اختيار معدات الوقاية الشخصية المناسبة للعامل ونوع الخطر.

٨-١. المخاطر المحتملة في محطات مياه الصرف الصحي

نظرا لطبيعة مياه الصرف الصحي المتولدة من الانشطة البشرية فان هذه الطبيعة قد تكون ذات اضرار صحية او بيئية علي العاملين أو القانطين بالقرب من محطات المعالجة ، وتتعد المخاطر المحتملة داخل محطات معالجة مياه الصرف ما بين مخاطر بيولوجية أو مخاطر كيميائية أو مخاطر فيزيائية أو مخاطر ظروف العمل نفسها داخل هذه المحطات.

وتتلخص المخاطر المحتملة داخل محطات الصرف الصحي الي الأتي :

١- مخاطر بيولوجية والمسئول عنها الكائنات الدقيقة الممرضة.

٢- مخاطر الكيماويات والمواد السامة المتداولة والمستخدمة داخل المحطات .

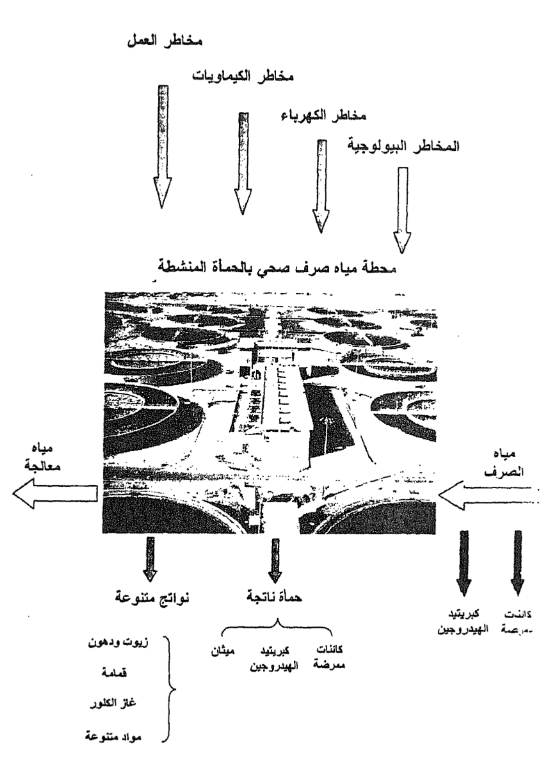
٣- مخاطر الكهرباء والمسئول عنها كافة المعدات والاجهزة الكهربية داخل المحطات

٤- مخاطر العمل وهي مخاطر عديدة ومتنوعة وتشمل :

- مخاطر الحريق

- مخاطر التدخين
- مخاطر السقالات
- مخاطر الحواجز والحفر
- مخاطر الحرارة
- مخاطر الروافع وتداول المعدات
- مخاطر النقل ومرور وسير المركبات
- مخاطر النقل ومرور وسير المركبات
- خطورة العمل منفردا
- خطورة العمل ليلا
- خطورة واثر الضوضاء
- خطورة المعدات ذات الأجزاء المتحركة
- المناطق المحظورة الخطرة
- مخاطر الخزانات
- مخاطر العمل بالمناطق المرتفعة.

وسوف نقتصر دراستنا في هذه الكتاب علي المخاطر البيولوجية ومخاطر الكيماويات والغازات السامة ككبريتيد الهيدروجين وأحد مخاطر العمل كالتدخين ومخاطر الخزانات والكهرباء .و الشكل التالي يوضح أهم المخاطر الموجودة بمحطات مياه الصرف الصحي.



شكل ٨-١ اهم المخاطر الموجودة بمحطات مياه الصرف الصحي.

من هم المعرضون للمخاطر

- العاملون في مجال الصرف الصحي و لا سيما الكشف على شبكات المجاري و حفر الصرف الصحي.
- العاملون في مجال إنشاء الشبكات و صيانتها و تبديلها.
- العاملون في محطات معالجة الصرف الصحي والمياه المبتذلة.
- العاملون في المجال الزراعي و الاحراج المعرضـون للتعامـل مـع حمـأة الصرف الصحي
- سائقو شاحنات نقل الحمأة و العاملون عليها سواء في المدن أو المطـارات أو سكك الحديد.

وقد يتضايق بعض السكان الذين يقطنون بالقرب من محطات معالجـة الصـرف الصحي من الروائح الكريهة مثل روائح بعض الغازات ككبريتيد الهيدروجين.

دراسة الخطر والمخاطر

الخطر" هو تصرف غير آمن أو ظرف غير آمن أو مزيج من الاثنين من شأنه أن يسبب إصابة أو مرضاً أو الموت أو ضرراً في الأملاك.

نظام تحليل المخاطر

يعرف نظام تحليل المخاطر بأنه: نظام يساعد على إدخال تطبيق مبـادئ الصـحة والسلامة المهنية في عمليات الإنتاج. وذلك من خلال فحص كل خطوة من خطوات إنجاز العمل للتعرف على المخاطر الصاحبة لكل خطوة وتحديـد أفضـل السـبل للسيطرة على هذه المخاطر ومنعها.

خطوات نظام تحليل المخاطر :

بعد تقسيم العمل إلى خطوات يتم دراسة كل خطوة من خلال :

١- التعرف : يتم فيها التعرف على المخاطر الموجودة في العمل أو الناتجة عنـه

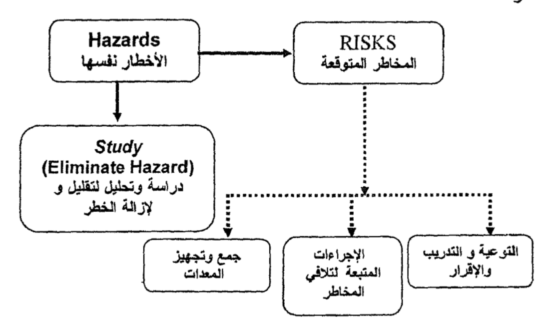
وتحديد نوع هذه المخاطر إن كانت: مخاطر هندسية – فيزيائية – كيميائية – بيولوجية – بشرية

٢- التقييم : يتم تقييم هذه المخاطر وتحديد مدى خطورتها مع تقييم وسائل السلامة الموجودة ومدى فعاليتها.

٣- السيطرة والتحكم:

وهو علم يدرس أفضل السبل لمنع مخاطر العمل أو التقليل منها ما أمكن.

والشكل التالي يبين دراسة الخطر والمخاطر المتوقعة وكيفية تلافيها والاقلال من اثارها



شكل ٨- ٢ دراسة الخطر والمخاطر المتوقعة

وسوف نتحدث عن بعض المخاطر التي يمكن ان تتواجد في محطات ومشاريع الصرف الصحي والتي تشمل المخاطر الاتية :-

٨-٢. أولا المخاطر البيولوجية

تتمثل العوامل البيولوجية الخطرة في مسببات الأمراض المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام أو المياه المعالجة أو الحمأة المنتجة من المحطات ، ومسببات

الامراض هي غالبا الكائنات الحية الدقيقة الممرضة والتي تشمل البكتريا والفيروسات والطفيليات والديدان.

<u>العوامل المسببة للعدوى مسببات الامراض Infectious agents</u>

من أهم عوامل العدوي المنتشرة في محطات مياه الصرف الصحي والصناعي الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتريا والفيروسات والبرتوزوا (الاوليات) أو الطفيليات الاولية ، وتسبب هذه الكائنات الحية الكثير من الامراض و فالبكتريا مثلا تسبب مرض الكوليرا ،والفيروسات تسبب مرض الالتهاب الكبدي الوبائي ،والبرتوزوا تسبب مرض الدوسنتاريا الاميبية .

ومن أهم الأسباب التي تؤدي الي انتشار وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في مياه الصرف هو صرف مخلفات المستشفيات والمراكز الطبية والعلاجية الي شبكة المجاري العامة دون تعقيم أو تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي الي انتشار الامراض المعدية التي تكون المياه الملوثة ناقلة لها.

والجدول التالي يحتوي علي قائمة بالأمراض التي تسببها الكائنات الممرضة التي يمكن أن تتواجد في مياه الصرف الصحي.

جدول ٨-١

الممرضات في مياه الصرف

Diseases associated with pathogenic micro-organisms found in domestic sewage Type	Disease or syndrome caused
BACTERIA	
Aeromonas hydrophila	Enteritis (inflammation of the intestine)
Campylobacter	Enteritis, diarrhea

Clostridium perfringens	**Enteritis (indicator)**
Escherichia coli	**Enteritis, diarrhea**
Francisella tularensis	**Tularemia**
Leptospira	**Jaundice, meningitis**
Listeria monocytogenes	**Listeriosis**
Mycobacterium	**Tuberculosis, skin**
Pseudomonas	**Skin, ear infections**
Salmonella (1700 types)	**Enteritis, typhoid**
Shigella (4 species)	**Enteritis, diarrhea**
Staphylococcus aureus	**Skin infections**
Vibrio cholerae and	**Cholera, skin infections**
Yersinia enterocolitica & pseudotuberculosis	**Enteritis**
HELMINTHS	
Ascaris lumbricoides	**Ascariasis**
Ancylostoma duodenale	**Hookworm infections**
Trichuris trichiura	**Trichiuriasis**
Taenia	**Taeniasis**
Toxocara	**Abdominal pains**
Strongyloides	**Abdominal pains**
PROTOZOANS	
Entamoeba histolytica	**Enteritis, chronic diarrhea,**
and coli	**dysentery, liver abscess**
Giardia lamblia	**Giardiasis, enteritis**

Cryptosporidium parvium	Enteritis, diarrhea
Ballantidium coli	Enteritis, diarrhea
Naegleria fowleri	Meningoencephalitis
Acanthamoeba spp.	Meningoencephalitis
VIRUSES	
Polioviruses (3 types)	Paralysis, meningitis
Echoviruses (34 types)	Meningitis, diarrhea
Coxsackieviruses A and B (30	Meningitis, conjunctivitis,
Hepatitis A and E viruses	Epidemic hepatitis
Enteroviruses 68-71	Meningitis, conjunctivitis
Rotaviruses (+4 types)	Enteritis
Reoviruses (3 types)	Enteritis, respiratory
Adenoviruses (+40 types)	Enteritis, eye and respiratory
Norwalk and like viruses	Gastroenteritis
Caliciviruses and Astroviruses	Enteritis
Coronaviruses	Enteritis
Parvoviruses (2 types)	Enteritis, respiratory in children

كيف تدخل الجراثيم إلي جسم الأنسان

أكثر الطرق شهرة لانتقال هذه الجراثيم إلى الجسم هو من اليد إلى الفم خلال تناول الطعام، الشرب و التدخين أو بمسح الوجه بيد أو قفازات ملوثة و أحيانا باستنشاق الرذاذ.

و ايضا من الطرق الشائعة :

- الاتصال المباشر بالجلد من خلال جروح او حروق

- استنشاق غبار أو غازات أو رذاذ
- كما سجل انتقال الجراثيم إلى الجسم عبر العين، والأنف و الفم.

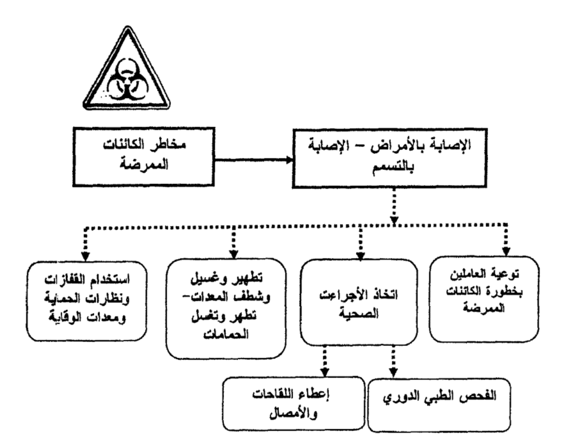
حماية العاملين من هذه أخطار الجراثيم

بما أن الجراثيم و الكائنات الحية الدقيقة ملازمة للصرف الصحي، حيث انها متواجدة بالهواء والمياه والأرض ، فإنه يصعب التخلص من الأخطار نهائيا و لكن المعرفة السليمة لها و العمل على إجراءات الوقاية منها مطلوب بشدة.

من هذه الإجراءات :

- الاعتماد الرئيس على أجهزة قياس ومراقبة الكترونية لاختبارات وفحوصات مياه الصرف لتقليل التلامس بين العاملين والمياه الملوثة .
- اجراء تطعيم لكل العاملين بالمحطات للامراض الشائعة التي يمكن ان تنتقل من خلال التعامل مع مياه الصرف الصحي مثل التيتانوس والالتهاب الكبدي الوبائي والتيفود
- تدريب العاملين على وعي الأخطار والتزام إجراءات السلامة بشكل دائم و حازم
- تأمين معدات وقاية شخصية مثل القفازات الخاصة،أحذية مانعة للانزلاق،ألبسة مانعة لنفاذ الرذاذ ، أقنعة للوجه ، أجهزة تنفس محمولة
- تأمين أماكن اغتسال مجهزة برشاشات مياه Showers ، صابون ، مواد تعقيم و أوراق صحية للاستعمال الواحد.
- الفصل الكلي لاماكن الراحة و الطعام عن موقع العمل
- تأمين لوازم و أدوية ضرورية في مجال المساعدة الأولية First aid .
- إجراء فحوصات و كشوفا طبية دورية على العاملين و تدوين النتائج في سجلات خاصة.

والشكل التالي يبين مخاطر الكائنات الممرضة وكيفية الوقاية و الحد من خطورتها.



شكل ٨-٣ مخاطرالكائنات الممرضة والوقاية منها

٨-٣. ثانيا مخاطر المواد الكيماوية

محطات مياه الصرف التي تحتوي علي وحدات معالجة كيميائية تتعامل مع كثير ومختلف الكيماويات والمواد الكيميائية مثل مواد الترويب والترسيب والتطهير بالاضافة الي مواد كيماوية تستخدم في تشحيم وصيانة المعدات الميكانيكية والمواد الكيميائية التي تستخدم في تنظيف وصيانة الاحواض والخزانات وخطوط المواسير والشبكات ووحدات المعالجة المختلفة .

وعموما الكيماويات تحيط بنا فى كل مكان بعضها قليل الخطورة والبعض الآخر قد يضر ان لم تتعامل معها بشكل سليم فيجب علي كل العاملين أن يكونوا على دراية بالكيماويات التى يستخدموها فى عملهم ومعرفة كيفية التعامل معها للحد من خطر الإصابة.

تنقسم الكيماويات الى ثلاث أشكال رئيسية اما أن تكون صلبة أو سائلة أو غازية. و الكيماويات الصلبة تكون في الهواء على شكل غبار أو أبخرة. السوائل عندما يتم تسخينها أو رشها تتحول الى أبخرة وتنتشر فى الهواء ويمكن لحاسة الشم أن تدل عليوجود كيماويات ولكن بالطبع يفضل عدم الاعتماد علي حاسة الشم فهناك الكثير من الكيماويات الخطرة التي لا يمكن التعرف علي وجودها برائحتها يجب عدم شم الكيماويات عمدا لأى سبب. فقد تتأثر صحة الانسان بدخول الكيماويات السامة لجسمه وقد يحدث هذا بطرق عديدة ولكن يمكن حماية الانسان من خطر الكيماويات.

بعض الكيماويات يمكن لجلدك أن يمتصها وتدخل دمك. الملابس الواقية يمكنها الحد من هذا الخطر. بدون الملابس الواقية يمكن للاتصال المباشر بالكيماويات أن يلهب جلدك أو يصيبه بحروق أو اصابة أشد حسب نوع المادة، يمكن استنشاق بعض الكيماويات الى داخل الرئتين. ان استنشقت مواد كيماوية يمكنها اتلاف رئتيك أو يمكن لدمك أن يمتصها بحيث تؤذى أعضاء أخرى بجسمك. يمكنك أن ترتدى جهاز تنفس حتى تنقى الهواء الذى تتنفسه من الكيماويات. أجهزة التنفس تمنعك أيضا من تناول الكيماويات بالفم أو ابتلاعها. يمكنك أيضا أن تستخدم الإجراءات العملية السليمة كأن تغسل يديك قبل وضع أى شئ بفمك. بعض الكيماويات الخطرة التى تبتلعها تنزل الى معدتك وتمتص فى مجرى الدم. بعض الكيماويات قد تصيب بحروق أو تلهب عينيك ان دخلت فيها فقد تحتاج الى استخدام نظارات واقية.

لا تحتاج جميع المواد الكيماوية لاستخدام معدات الوقاية الشخصية كما أن الكثير من الكيماويات المتشابهة تحتاج لمستويات مختلفة من الحماية. مع بعض الكيماويات لا تحتاج للحماية اطلاقا.

حجم الاصابة يتوقف على امور ثلاثة: الخواص الخطرة للمادة التى تعرضت لها والكم الذى يدخل الجسم وفترة التعرض لها.

لو كانت المادة الكيماوية مركزة سيدخل منها لجسمك نسبة أكبر حتى وان كانت المادة غير مركزة ان تعرضت لها لفترة طويلة يمكن ان تتراكم فى الجسم وتسبب أمراضا أو أصابات طويلة المدى. هناك عوامل أخرى تزيد من تأثير السموم ان تنفست انفاسا عميقة عند وجود المادة بالهواء سيزيد هذا من تعرضك وان كنت مصابا بحساسية أو مصابا بحساسية ضد المواد الكيماوية أو كنت ضئيل الحجم فقد تتأثر بشكل أسرع.

يجب أن تكون على دراية بالكيماويات التى تتعامل معها. الهدف من معيار المعرفة بالخطر هو التيقن من معرفتك للكيماويات التى تستخدمها وهل لهذه الكيماويات تأثير ضار على الصحة.

يجب أن يكون هناك نظام واضح لتمييز المواد الكيماوية الخطرة، يجب أن يعرف الملصق التحذيرى بنوع المادة وأسباب خطورتها. يجب أن تقدم الشركة دورات تدريبية للتعريف بمعنى الملصق ويجب أن تكون لدى الشركة قائمة بجميع الكيماويات المستخدمة فى موقع العمل، لكل من هذه المواد الكيماوية يجب أن تكون هناك صحيفة الأمان للمواد ويجب أن تكون هذه الصحيفة متاحة دائما.

ان صحيفة بيانات الأمان للمادة تصف كل مادة كيماوية وتورد أسمائها الشائعة وتقدم تعليمات عن تأثيرها على الصحة وأيضا الاجراءات الوقائية التى عليك أن تستخدمها مع كل مادة والاسعافات الأولية أو العلاج السريع لذى ينبغى تقديمه فى حالة التعرض للمادة. يجب أن تتلقى تدريبا قبل أن تتعامل للمرة الولى مع مادة خطرة. يجب ان تبلغ رئيسك اذا كنت ستتعامل مع مادة كيماوية جديدة عليك.

لا تنس أن التعامل الآمن مع الكيماويات يتطلب جهدا جماعيا. الاستهتار لا يعرضك فقط للخطر ولكنه يعرض صحة زملائك للخطر كذلك لذا تصرف بذكاء حتى لا تكون المواد الخطرة خطرة على صحتك.

متى تصنف المادة الكيماوية على أنها خطر؟

خصائص المادة الكيماوية تعنى تفاعلها مع الحرارة والضغط وغيرها من المؤثرات الخارجية وعندما تعرف الخواص سيسهل تحديد متى تكون المادة مصدرا للخطر.

عند التعامل مع أى مادة يجب الجابة عن ٥ خواص هى: القابلية للاشتعال(أى مادة تصدر أبخرة قابلة للاشتعال عند ١٠٠ درجة فهرنيت) ، السمية، الآكلية (المواد التى تتفاعل مع الجلد وتأكله)، مسببات الأكسدة(عندما يمون الأكسيجين عاملا فى تكوين المادة ويمكنه التفاعل مع المواد الأخرى والاشتعال حتى لو لم يكن هناك أكسيجين آخر) والقابلية للانفجار. اذا كانت لأى مادة احدى هذه الخواص او أكثر يجب الاحتياط والحذر فى التعامل معها.

مصادر الكيماويات داخل محطات الصرف الصحي

تتواجد الكيماويات داخل المحطات في اماكن كثيرة ومن الجدير بالذكر ان نوعية المعالجة هي التي تحدد وجود واستعمال كيماويات معينة داخل المواقع فمثلا مشاريع المعالجة البيولوجية يكون استخدام الكيماويات فيها محدودا جدا وقد يقتصر علي الكلور ومركباته في التطهير . اما المشاريع التي يتم فيها المعالجة عن طريق العمليات الكيميائية فان استخدام الكيماويات يكون شائعا ومتنوعا حسب درجة المعالجة فكيماويات الترسيب والترويب والتطهير .

وهناك ايضا معامل مياه الصرف والتي تحتوي علي كثير من لكيماويات السامة والخطرة.

والجدول التالي يبين كثير من المواد السامة المتواجدة في المياه المعالجة الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي وتأثيراتها الصحية والبيئية

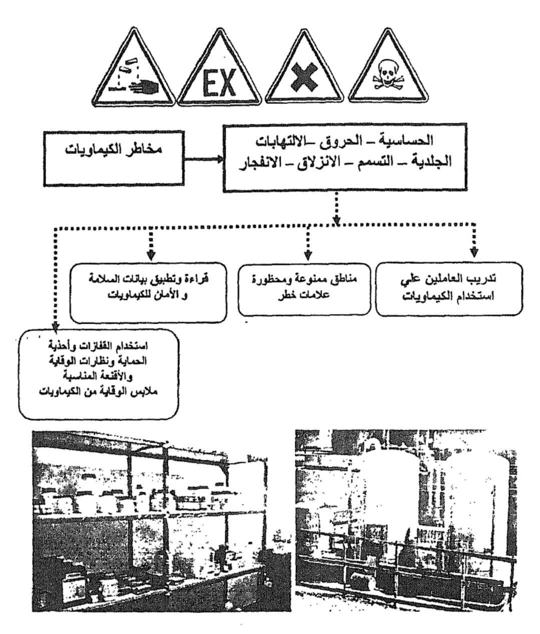
جدول٨-٢

المواد السامة المتواجدة في مياه الصرف

Toxins	Potential health and environmental effects
Heavy metals	
Cadmium	**neurotoxin (attacks nerve cells), teratogen (causes birth defects)**
Chromium	**carcinogen (causes cancer)**
Lead	**neurotoxin, teratogen, affects female fertility, bioaccumulative (builds up in the food chain)**
Mercury	**neurotoxin, teratogen, affects female fertility, bioaccumulative**
Zinc	**excessive ingestion is uncommon but can cause gastrointestinal distress and diarrhea**
Agricultural chemicals	
2,4-D	**teratogen**
Lindane	**carcinogen, teratogen, immunotoxicity (damages immune system)**
Methoxychlor	**reduces fertility, bioaccumulative**
DDD and DDE	**neurotoxin, affects fertility, immunotoxicity, carcinogen**
Industrial chemicals	
PCBs	**neurotoxin, carcinogen, suppresses immune system in animals, causes skin disorders, liver damage, depression and internal bleeding, affects fertility**
Chloroform	**carcinogen, affects female reproductive**

Xylene	**affects male reproductive capacity**
Tetrachlorethylene	**affects respiratory system, very persistent in the environment**
Trichloroethylene	**poisonous by ingestion or absorption through skin, skin irritant**
Cresol, Phenol	**poisonous by ingestion or absorption through skin**
PAHs	**carcinogens, biotransformable (shift forms once in the organism)**
LABs	**persistent in the environment, effects not yet known**

والشكل التالي يبين مخاطر الكيماويات وعلامات بعض الكيماويات ذات الخطــورة مثل المواد الاكالة والمواد السامة والمواد الخطرة وكيفيـــة الوقايـــة و الحـــد مـــن خطورتها.



شكل ٨–٤ مخاطر الكيماويات وكيفية الوقاية منها

التعليمات والارشادات الخاصة بالتعامل مع الكيماويات المعملية

١- الكيماويات السامة أو المتطايرة تخزن في دواليب خاصة ذات تهوية .

٢- الكيماويات ذات الضغط البخاري المرتفع تحفظ في ثلاجات .

٣- الكيماويات التي تتفاعل مع الماء تخزن في مكان واحد .

٤- الكيماويات القابلة للاشتعال والأحماض المركزة تخزن علي الأرض .

٥- الكيماويات القابلة للانفجار تخزن في ثلاجة مقاومة للانفجارات .

٧-الكيماويات شديدة الخطورة لا تخزن وتستهلك أولا بأول .

٨-تحفظ الكيماويات في عبوات زجاجية أو بلاستيك تتناسب مع خواص المواد المحفوظة بداخلها فمثلاً لا تستخدم أوعية ألومنيوم لحفظ المركبات الكلورينية كما يجب ملاحظة ما يحدث في الأوعية البلاستيكية من تغيير في الشكل أثناء تخزين الكيماويات ويجب وضع تعريف بالكيماويات الموجودة علي الزجاجات.

٩-يجب أن تبعد الكيماويات أثناء التخزين عن تلك التي تتفاعل معها في درجة الحرارة مثل الأحماض والقواعد والقلويات أو أملاح السيانيد أو المواد المؤكسدة مثل البروكسيدات والنيترات والكلورات.

١٠-توضع الكيماويات الخطرة علي أرفف مرتفعة (حوالي ١٧٠سم) أو في دواليب مغلقة وأن تكون العبوات مغلقة بإحكام وأن يكون العمل بها واستخدامها تحت إشراف شخص مسئول.

١١-الكيماويات الخطرة التي تضر بالصحة يجب حفظها في مكان تحت سحب هواء مستمر (خزانة غازات مثلاً).

١٢-المواد التي تشتعل ذاتياً في درجة حرارة الغرفة بتأثير الهواء أو الرطوبة يجب حفظها بعيداً عن المواد القابلة للانفجار أو المواد الملتهبة أو التي تساعد علي الاحتراق والقابلة للاشتعال ويجب أن لا يوجد بالمعمل منها إلا قدر الاحتياج اليومي فقط.

١٣-حامض الكبريتيك المركز والنيتريك المركز والبركلوريك تحفظ بطريقة لا تحدث أضرار في حالة كسر الزجاجة (داخل حاوية بلاستيك).

١٤-يجب عـم الاحتفاظ بكميات تزيد عن ١ لتر بالمعمل من المذيبات القابلـة للاشعال في مكان العمل وإذا دعت الحاجة لاستخدام كميات فيجب أن تخزن في مكان آمن جيد التهوية.

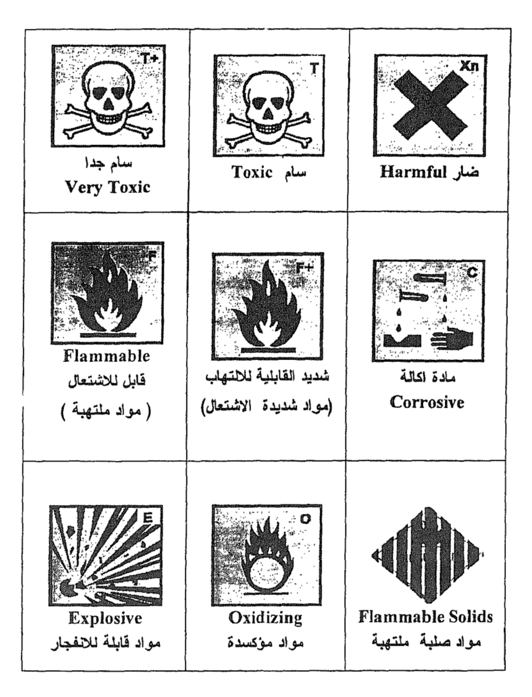
١٥-يجب حفظ المواد القابلة للاشتعال بطريقة آمنة وعنـد اسـتخدام عبـوات بلاستيك ذات سعة ٥ لتر فأكثر لحفظ سوائل ذات نقطة اشتعال عند ٣٥° يجب أن تكون قادرة علي معادلة أي شحنة استاتيكية.

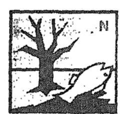
١٦-تحفظ السوائل المستخدمة في التنظيف والقابلة للاشتعال في زجاجات ذات جدار سميك أو في زجاجات بلاستيك (مثل آسيتون ، كحول أيزوبروبانول).

١٧-يجب إعادة تنظيم الكيماويات مرة علي الأقل كل عام ويتم التخلص مـن الكيماويات التي فقدت فاعليتها أو لم يعد لها حاجة للاستخدام.

١٨-تستخدم عربة متحركة لنقل الكيماويات من المخازن أو من مكان لآخر.

١٩-يجب معرفة تركيز بخار المواد الخطرة في الهواء بمكان العمل.


T+
سام جدا
Very Toxic
T
Toxic سام
Xn
Harmful ضار
F
Flammable
قابل للاشتعال
(مواد ملتهبة)
F+
شديد القابلية للالتهاب
(مواد شديدة الاشتعال)
C
مادة اكالة
Corrosive
E
Explosive
مواد قابلة للانفجار
O
Oxidizing
مواد مؤكسدة
Flammable Solids
مواد صلبة ملتهبة

 Dangerously reactive Material مواد فعالة خطرة	 Biohazardus infectious material مواد ذات خطربيولوجي	 Dangerous for environment مواد ضارة بالبيئة
	 Radioactive Material مادة ذات نشاط اشعاعي	

اشارات خطورة المواد الكيميائية (لون برتقالي)

٨-٤. ثالثا اخطار غاز كبريتيد الهيدروجين و احتياطات السلامة معه

كبريتيد الهيدروجين Hydrogen Sulfide غاز ذو رائحة كريهة وقوية تشبه رائحة البيض الفاسد ليس له لون ويوجد بصورة طبيعية في البيئة وقد يتكون وينبعث حيثما تكون النفايات التي تحتوي على الكبريت قد تفتت بفعل البكتيريا . فشبكات المجاري وخزانات التحليل ونفايات ومخلفات المواشي ومصاريف المياه الآسنة الخاصة بالإنسان والشاحنات التي تنقل النفايات والمخلفات الكيميائية قد تنبعث منها غاز كبريتيد الهيدروجين وكذلك من الممكن أن يوجد هذا الغاز في المياه الجوفية خصوصاً في الآبار قرب حقول النفط أو الآبار التي تتخلل الصخور الرملية . كذلك يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين في الغازات النفطية والطبيعية

ويحتوي الغاز الطبيعي على ٢٨% من غاز كبريتيد الهيدروجين لذا فقد يتسبب في تلوث الهواء في المناطق التي يوجد بها إنتاج للغاز الطبيعي وكذلك في مناطق مصافي النفط كذلك من الممكن أن ينبعث الغاز من خلال الصناعات التي ترتكز على مركبات الكبريت .

مصادره

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من تخمر المخلفات البشرية السائلة، ومن الصناعات الجلدية وصناعة تكرير النفط وصناعة المطاط، ومن احتراق المواد التي تحتوي على عنصر الكبريت مثل الفحم وبعض المشتقات البترولية. الا ان المصدر الرئيسي لتلوث البيئة ياتي من تكرير البترول وبعض الصناعات البتروكيماوية باعتباره احد مكونات البترول والغاز الطبيعي .كما يوجد غاز كبريتيد الهيدروجين في كثير من المياه المعدنية (المياه الكبرينية) كما يتصاعد من فوهات البراكين حيث يحترق كثير منه احتراقا غير كامل الي كبريت وماء. وغاز كبريتيد الهيدروجين بأنه غاز سريع التأكسد ليتحول الي غاز ثاني أكسيد الكبريت بتفاعله مع الاوزون .

$$H_2S + O_3 \longrightarrow SO_2 + H_2O$$

اضرار كبريتيد الهيدروجين الصحية

يُعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أشد الغازات سُمية، إذ أنه أشد سمية حتى من غاز اول أكسيد الكربون، ويدخل غاز كبريتيد الهيدروجين إلى جسم الأنسان من طريق التنفس والجلد. ويؤثر في الجهاز العصبي المركزي، ويثبط عملية الأكسدة الخمائرية بسبب تأثيره علي الانزيمات الفعالة الخاصة بالتنفس ، مما يحدث اضطراباً في التنفس الخلوي. كما يؤثر هذا الغاز في قدرة الأنسان على التفكير، ويهيج الأغشية المخاطية في المجاري التنفسية وملتحمة العين.

ويبلغ تركيز غاز كبريتيد الهيدروجين في الهواء المسموح به بين ٠,٠٠٣ و٠,٠٠٨ جزء في المليون. وبمجرد الشعور برائحة غاز كبريتيد الهيدروجين (رائحة البيض الفاسد) يعني أن تركيزه في الهواء قد تعدى الحدود المسموح بها..

الاستنشاق والرائحة:

إن استنشاق غاز كبريتيد الهيدروجين هو إلى حد كبير طريق إلى التعرض للأخطار فعندما يحتوي الجو على ٣٠٠ جزء من المليون فيعتبر خطيرا فورا على الحياة والصحة. تعتمد آثار التعرض على عدة عوامل هي :

١. تركيز كبريتيد الهيدروجين في الجو.
٢. مدة التعرض.
٣. الحساسية الجسدية للضحية.
٤. الرائحة ليست تحذير محل ثقة حيث لا يمكن الاعتماد عليها(في الحقيقة انك يمكن ان تشم الرائحة التي لها تركيز منخفض ولكن حاستك للرائحة تقل بالمستوى الرفيع للتركيز.

الآثار المرتقبة عند التعرض للغاز:

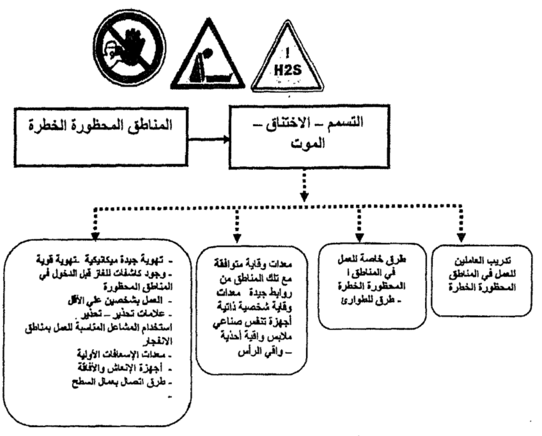
- (1 ppm) لا آثار جسدية هامة، حاسة الشم تبقى سليمة ويمكن ان تكتشف ولها رائحة البيض الفاسد.
- (10 ppm) التهاب العين، وايضا هو قمة الحد الأقصى المسموح بالتعرض له لمدة ثماني ساعات ويمكن ان تتنفس بدون استخدام أجهزة التنفس.
- (15 ppm) الحد الأقصى المسموح بالتعرض له لمدة ١٥ دقيقة ويمكن ان تتنفس بدون استخدام أجهزة التنفس.
- (100 ppm) يسبب حرقان العيون والحلق ، والصداع ، الغثيان، الكحة، حاسة الشم تصبح عديمة الجدوى خلال ٣–١٥ دقيقة.
- • (200 ppm) فشل الجهاز التنفسي أو الجهاز الدوري، الإغماء ، النوبات

المرضية، فشل الأمعاء والمثانة، الموت خلال ٣٠ دقيقة.

- (300 ppm) الإغماء الفوري ويقتل في الحال.

وبالنسبة لمياه الشرب فتركيز غاز كبريتيد الهيدروجين بنسبة ٧٠ جزء في المليون (ppm)قد يسبب مشاكل في الجهاز الهضمي .والتعرض المباشر للمياه التي تحتوي على هذه المستويات من غاز كبريتيد الهيدروجين قد تسبب الاحمرار والألم . فقد تتهيج العين في مستويات غاز كبريتيد الهيدروجين المنخفضة في الماء وكذلك الالتهاب والندوب الدائمة في العين قد تحدث في المستويات المرتفعة . وليس من المؤكد إذا كان التعرض الطويل الأمد للمستويات المنخفضة من الغاز قد يؤدي إلى المرض وقد أظهرت الدراسات مع الحيوانات إن التنفس في مستويات منخفضة من هذا الغاز ولمدة طويلة قد يؤدي إلى تهيج والتهاب الأنف والحلق والرئة ودراسات الحيوانات الأخرى تثبت أن التعرض الطويل المدى لمستويات منخفضة من غاز كبريتيد الهيدروجين في مياه الشرب قد يؤدي إلى مشاكل في الجهاز الهضمي.

والشكل التالي يبين مخاطر المناطق المحظورة والتي يمكن ان يتواجد بها غاز كبريتيد الهيدروجين مثل غرف التفتيش والخزانات المغلقة وكيفية الوقاية و الحد من خطورتها.



شكل ٨-٥ مخاطر المناطق المحظورة لتواجد غاز كبريتيد الهيدروجين

<u>كيفية التحكم بأخطار كبريتيد الهيدروجين</u>

هناك اربعة طرق اساسية للتحكم: القياسات الهندسية، الكشف ، الحماية التنفسية، والتدريب المؤثر:

١- الإجراءات الهندسية:

الخط الأول للدفاع ضد التعرض إلى كبريتيد الهيدروجين في داخل بيئات العمل هو التحكم الهندسي مثل تصميم آمن للمعدات العملية صيانة المعدات بانتظام، التهوية المناسبة، والتحكم بالتسرب توحيد هذه العناصر يحد من الأخطار، التهوية هي الطريقة الهندسية المثلى ويستخدم على نطاق واسع التهوية وهي إما ميكانيكية او طبيعية حيث كلتا الطريقتين تعملان على منع تفاقم مستويات تركزي كبريتيد

الهيدروجين يجب ان يكون التركيز أقل من ١٠PPM زيادة التركيز تعني ان هناك تحرير لغاز كبريتيد الهيدروجين والذي يجب ان يزال إلى ادنى حد ممكن كما يعني ذلك ان التهوية غير كافية.

٢- الكشف:

أولا: يجب تقييم المناطق التي يمكن ان ينتج عنها تسرب الغاز والمتابعة المستمرة على سبيل المثال مصانع معالجة الغاز، معامل التكرير، وحقول الخزانات النفطية، وآبار النفط. من ثم يجب تركيب اجهزة فحص الغازات الثابتة في هذه المناطق في حالة التسرب فإن إنذار الخطر يرن ويصدر عنه وميض تحذير.

ثانيا: استخدام الأجهزة المحمولة للكشف عن الغازات على فترات محددة اثناء الصيانة والإصلاحات التي تتم في المناطق التي ذكرت سابقا وفحص المناطق المراد دخولها قبل الدخول ومتابعة الفحص بشكل متكرر خلال مدة العمل لتفادي الأخطار.

٣- وسائل الحماية التنفسية:

عند التعرض إلى كبريتيد الهيدروجين فيمكن استخدام احد النوعين الأساسيين لمعدات الحماية التنفسية المناسبة اجهزة التنفس الكاملة (SCBA) التي تحمل فوق الظهر عن طريق اسطوانة هواء مضغوط. الأسطوانات يجب ان تعد لتزويد هواء على الأقل لمدة ٣٠ دقيقة. النوع الثاني هو نوع الخرطوش. قبل ان تستعمل معدات الحماية التنفسية يجب ان تكون المعدات مناسبة لك وتتلقى التدريب في كيفية استعمالها وفي كيفية التفتيش والتنظيف والصيانة والخزين وإجراءات حالة الطوارئ.

٤- التدريب المؤثر:

يمكن ان تعمل بأمان في المناطق التي يتواجد إذا استغللت عادات العمل الآمن ونفذت احتياطات الأمن والتدريب الجدي وأتباع:

١. تحديد مكان تسرب الغاز

٢. كبريتيد الهيدروجين- خطة طوارئ لأخطار كبريتيد الهيدروجين .

٣. واستخدام أجهزة التحذير والمناسبة.

٤. تحديد مخارج الطوارئ.

٥. حدد اتجاه الريح .

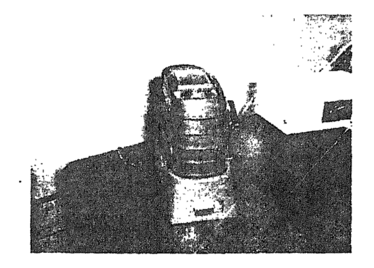
٦. توجيهات للهروب من upwind.

٧. الهروب إلى الأماكن الآمنة المخصصة للتجمع.

٨. استخدام اجهزة التنفس.

كن على حذر دائم!!!

دائما اتبع وسائل السلامة الآمنة وكن جاهزا لأن تستجيب في حـــالات الطـــوارئ عندما تعمل حول المناطق التي يتواجد فيها كبريتيد الهيدروجين فهناك ببساطة لا مجال للأخطاء.



جهاز قياس غاز كبريتبد الهيدروجين

وجود كبريتيد الهيدروجين بتركيز عال: يجب أن تترك المكان فورا وأخطر رئيس وردية العمل أو المشرف وحدد له مكانك وما فعلته وسيقرر الوسيلة المثلى لمنع الآخرين من الدخول وسيقوم بابلاغ عمال الطوارئ. قم بعد ذلك بوضع جهاز الهواء النقي وتأكد من احكام التصاقه بوجهك. ان لم يصب أحد قم باجراء اختبار لمعرفة درجة تركيزه، حدد مصدره وحاول اغلاقه ان أمكن. قد يفيد الرش بالضباب المائى فى تشتيت الغاز. استخدم مروحة او محركا للهواء لتشتيت الغاز. اذا اصيب احد اتخذ نفس الخطوات الثلاثة الأولى، اترك المكان وأبلغ الشخص المناسب وارتد جهاز التنفس. عادة رد فعلك الأول أن تهرع الى المصاب ولكن لصالحكما معا قيامك بهذه الخطوات الثلاثة يزيد من فرص نجاتك. لا تحاول انقاذه الا بعد وضع جهاز التنفس. أبعد العامل عن المنطقة المشبعة بكبريتيد الهيدروجين وابدأ فى عمل تنفس صناعى له، يمكنك الاتصال بالاسعاف واستدعائها ولكن من الضرورى ان يستعيد المصاب التنفس، بعد وصول الاسعاف وابعاد اى مصابين عليك باتخاذ الإجراءات الأخرى لتشتيت الغاز.

لا يوجد مجال للخطأ فى التعامل مع كبريتيد الهيدروجين، من الممكن أن تعمل فى أمان مع كبريتيد الهيدروجين، عليك أن تكون مدركا للخطر وأن تتصرف بسرعة فى حالات الطوارئ

٨-٥. مخاطر الكلور

الكلور مادة غير قابلة للاشتعال أو الانفجار وأيضا غير موصلة للكهرباء فلذلك لا يتسبب تسربه في اشعال الحرائق.

يسبب التعرض المباشر لمادة الكلور تهيج في الجهاز التنفسي وخاصة للأطفال وكبار السن. وفي حالته الغازية فإنه يسبب تهيج الغشاء المخاطي وفي حالته السائلة يسبب حروق للجلد. ويتطلب وجود ٣,٥ جزء في المليون منه للتعرف على

رائحته، ولكنه يتطلب وجود ١٠٠٠ جزء في المليون أو أكثر ليصبح خطر. ولذلك تم استخدام الكلور في حالته الغازية في الحرب العالمية الثانية كسلاح كيميائي. ولذلك لا يجب أن لا تتعدى نسبة الكلور ٠,٥ جزء في المليون (للشخص البالغ لفترة عمل تبلغ ٨ ساعات - ٤٠ ساعة عمل في الأسبوع تقريبا).

التعرض الكثير للتركيز العالي من الكلورذو خطورة وقد يسبب وجود مياه في الرئة. والتعرض للتركيزات المنخفضة لفترات طويلة لغاز الكلور يؤدى لضعف الرئة، ويجعلها أسهل تأثرا بأمراض الرئة الأخرى. ويمكن تكون غازات سامة عند خلط المبيضات مع البول، الأمونيا أو أي منتجات تنظيف أخرى. وتتكون هذه الغازات من خليط من غازات الكلور، الكلورامين، ثلاثي كلوريد النيتروجين: وعلى هذا يجب الاحتياط لعدم حدوث مثل هذه التركيبات.

وتركيز غاز الكلور الذي يمكن أن يتعرض له الإنسان دون أن يصيبه ضرر هو نسبة واحد إلى المليون في الهواء . والتعرض إلى نسبة أعلى من ذلك تسبب تهيج في الغشاء المخاطي والسعال وضيق التنفس والقلق بالإضافة إلى تهيج الحنجرة . فإذا تعرض شخص لنسبة عالية من الكلور يجب أن يتم إبعاد من المنطقة الملوثة وإعطائه مواد إنعاش إذا تطلبت حالته وكما يجب وضع المصاب في مكان دافئ حتى يصل الطبيب لإسعافه . و مؤخرا كشف باحثون بريطانيون أن مياه الصنبور التي تحتوي على معدلات كلور عالية التركيز قد تزيد من مخاطر الإجهاض وموت الأجنة في الرحم..وذكرعلماء في كلية لندن الملكية أنهم يعتقدون بوجود علاقة بين الماء الذي يحتوي على الكلور عالي التركيز أو على مشتقاته أو مركباته وولادة أطفال صغار الحجم وأن الخطر يرتفع إذا شربت الحوامل هذا النوع من الماء أو استحممن فيه.

الوقاية من اخطار الكلور

وأسلم الطرق لتجنب مخاطر الكلور في محطات الصرف التي تستخدمه في

التطهير هي المراجعة المنتظمة لتفادي أي تسربات. و الأمونيا مادة فعالة لكشف تسربات الكلور لأنها تنتج دخان أبيض عند تفاعلها مع الكلور . ويجب معالجة أي تسرب قبل أن يستفحل أمره كما يجب تجنب إضافة الماء على الكلور المتسرب لأن المزيج الذي ينتج من إضافة الماء للكلور يزيد من حجم التسريب.

الكلور من الغازات السامة ولهذا يجب التعامل معه بحذر ولمنع وتقليل حوادث الكلور يراعي الاتي :-

١. يجب ان تكون اماكن تخزين اسطوانات الكلور مغلقة ومسقوفة لحماية الاسطوانات من اشعة الشمس

٢. يجب ان تكون اماكن تخزين اسطوانات الكلور جافة تماما وغير معرضة ان تصل اليها المياه من اي مصدر للمياه

٣. لا يسمح بنقل اسطوانات الكلور او دحرجتها سواء كانت مملوءة او فارغة بدون وجود غطاء محكم علي صمام الاسطوانة والتاكد انه محكم الربط .

٤. يجب ان تكون اسطوانات الكلور مربوطة بسلسلة متينة اثناء تخزينها او نقلها حتي لا تصطدم ببعضها .

٥. اذا لاحظت او شعرت برائحة الكلور فلا تدخل غرفة الكلور.

٦. زود الفنيون بتعليمات واضحة عن السلامة وأمن لهم المعدات الضرورية في هذا المجال.

٧. حضر خطط لإخلاء المكان في حال انتشار غاز الكلور واعتمد فوراً مسارب تصاعدية.

٨. لا تخزن ابداً مواد قابلة للاشتعال في المكان مع الكلور.

٩. لا تعرض اسطوانات غاز الكلور الى حرارة مباشرة.

١٠. لا تقم بأعمال تلحيم لمواسير فيها غاز الكلور.

١١. قم بتجهيز حمام دش مجهز بغسول للعيون قرب مكان التخزين

١٢. تأكد من وجود معدات الصيانة الطارئة والعاجلة Repair Kit لاسـطوانات الغاز .

١٣. في حال وجود تسرب للغاز تذكر ان يقوم شخصان مجهزان باللوازم بأعمال الصيانة.

١٤. .احفظ اجهزة التنفس خارج مستودع الكلور.

١٥. احذر رش مياه على عبوات الكلور التي تسرب فإن ذلك سيجعل الامر اكثـر سوءاً.

١٦. قبل الدخول الى مكان حفظ الكلور خذ نفساً بسيطاً للتأكد من عدم وجود رائحة تسرب.

٨-٦. مخاطر الخزانات

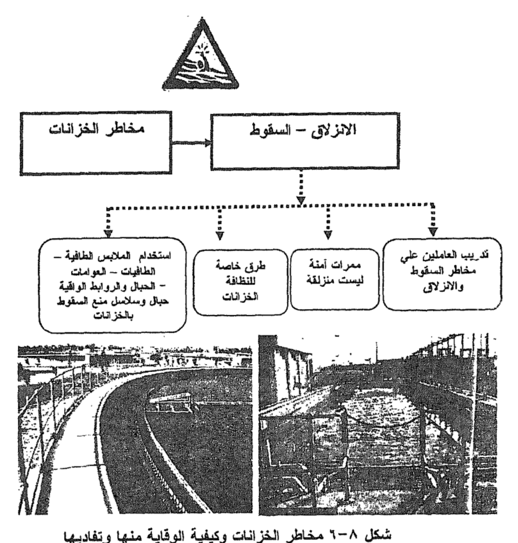
مشاريع معالجة الصرف الصحي والصناعي تحتوي علي كثيـر مـن الخزانـات والاحواض مثل احواض التهوية وخزانات الترسيب الابتدائي والثانوي واحـواض حجز الرمال والدهون وهذه الخزانات غالبا ما تكون دائرية أو مستطيلة الشكل .

ولهذا يجب التعامل في تلك المناطق بمنتهي الحذر والحرص لتفادي خطر الانزلاق والسقوط . فعمليات تنظيف وغسل الاحواض والخزانات لابد ان تتم بطرق خاصة وخاصة اثناء امتلائها بالمياه كما يجب توفير ممرات امنة ومعدات للوقاية من خطر الانزلاق والسقوط.

(من الجدير بالذكر ان حوض التهوية من اخطر الاحواض التي يجب الحرص في التعامل معها فحوض التهوية يحتوي علي تركيزات من الاكسجين الـذائب نتيجـة للتهوية وبالتالي فكثافة الماء به تكون اقل من كثافة الماء العادي لان فقاعات الهواء تعمل علي انخفاض كثافة الماء وبالتالي فاي شخص يتعرض للسقوط داخل حوض التهوية اثناء تشغيله وامتلاءه بالماء فانه لن يستطيع الطفو وسوف يغوص داخـل الحوض الي العمق مما يعرضه لخطورة الموت لذا يجب الحذر جدا عند التعامـل

مع حوض التهوية .)

والشكل التالي يبين مخاطر الخزانات وكيفية الوقاية منها وتفاديها.



شكل ٨–٦ مخاطر الخزانات وكيفية الوقاية منها وتفاديها

٨–٧. مخاطر الكهرباء

ترجع خطورة الكهرباء في انها قد تسبب بالموت للعاملين داخل المشروعات أو المصانع ، ومحطات معالجة الصرف الصحي بها الكثير من المعدات الكهربية والمعدات الميكانيكية التي تدار بالكهرباء مثل الانواع المختلفة من المضخات والروافع والواح التحكم الكهربية وجميع الاحواض تدار معداتها ووحداتها بالكهرباء

الكهرباء تقتل أو تصيب الآلاف سنويا وبعض الوفيات التى تحدث بسبب الصعق بالكهرباء لا تكتشف لأنها تصنف خطأ على أنها سكتة قلبية. التيار المنخفض، كذلك الموجود فى بيتك اذا مر خلال الصدر سيجعل قلبك يتوقف. حتى الصدمة الكهربية التى لا تؤذيك لضعفها يمكن أن تكون خطيرة كذلك. الصدمات الضعيفة قد تؤدى لانقباض عضلى لا ارادى قد يتسبب مثلا فى سقوطك من أعلى سلم أو اصطدامك بآلة متحركة. حتى تتجنب مصادر الصعق بالكهرباء من المهم أن تفهم كيفية حدوثها.

تمر الكهرباء فى دوائر مغلقة وطريقها المعتاد هو من خلال موصل للكهرباء. الصاعقة الكهربية تصيبك عندما يصبح جسمك جزءا من الدائرة الكهربية. يجب أن يدخل التيار جسمك من مكان ويخرج من مكان آخر. تحدث الصاعقة بأحد ثلاثة أشكال: أن تتصل بطرفى الدائرة الكهربية أو أن تتصل بطرف الدائرة المكهرب وبالأرض أو أن تتصل بجزء معدنى سخن نتيجة اتصاله بسلك مكهرب وفى نفس الوقت تكون متصلا بالأرض.

بعض المخاطر:

- قد يصعق الفرد اذا لمس بعض الأسلاك العارية، ينبغى اصلاح أى كسر فى المعدة
- الأسلاك العارية فى لوحة الكهرباء تمثل خطرا كبيرا، عدم وجود غطاء كاف للوحات توزيع الكهرباء هو احدى أهم مخالفات قانون الحماية ضد الكهرباء.
- جميع المعدات الكهربية وكذلك الغرف والملحقات يجب أن تكون تحت الحراسة
- لا يركب قابس ذى ثلاثة أقطاب مع قابس ذو قطبين حتى وان كان هذا ممكنا. قد تعمل المعدة ولكنها تشكل خطرا كبيرا.
- ينبغى ألا تقوم باصلاح وصيانة أية معدة متصلة بالكهرباء دون فصلها وتمييزها بعلامة، يجب غلق الماكينات وفصلها عن الكهرباء وأداة عزل الطاقة

يجب أن تغلق أو تميز

- تسلق سلم بالقرب من سلك كهرباء قد يكون خطأ يكلفك حياتك، ان لمس السلم سلك الكهرباء يمكن أن ينتقل التيار من خلال جسم المتسلق ويكون دائرة مغلقة من خلال الأرض. يجب أن تضع جميع المعدات بما فيها الروافـــه والأونـــاش على بعد ١٠ أقدام على الأقل من الأسلاك.

لا تتعجل للانتهاء من عمل ما فتتجاوز قليلا وتجازف فالأمر لا يحتاج سوى لخطأ واحد لتتلقى صدمة عمرك.

السلامة مع اللحام بالكهرباء

اللحام عمل آمن ما دمت تتبع اجراءات الوقاية. اللحام الآمن يصنف الـــى ثلاثـــة أقسام: الدخان، الشرر والصدمات الكهربية.

الدخان والغازات تضر بصحتك والشرر قد يؤذى العينين ويحرق الجلد والصـــدمة الكهربية قد تميت.

-اقرأ تعليمات الجهة المصنعة واستوعبها واتبع اجراءات تأمين السلامة بشـــركتك أبعد رأسك عن الدخان. استخدم ماسورة عادم طويلة بمعدة اللحـــام بحيـــث تبعـــد الدخان والغازات عن منطقة تنفسك والمكان بوجه عام. ارتد أجهزة الوقاية المناسبة لعينيك وأذنيك وجسمك. لا تلمس الأجهزة التى تتصل بها الكهرباء.

ظل الناس لسنوات طويلة يقومون بأعمال اللحام دون ادراك مخاطرهـــا الكثيـــرة فالأبحاث المكثفة أثبتت تأثير الأبخرة والغازات على جسم الأنسان. أبخرة اللحـــام تحتوى على شوائب بها كميات من مساحيق المعادن والأكاسيد. والمواد المغطيـــة للأقطاب المعدنية.

-ابعد رأسك عن مسار الأبخرة مواسير العادم والمراوح وطاردات الهواء تستخدم فى التخلص من الأبخرة فاحترس من دفعها الى منطقة تنفسك.

هناك حدود قانونية لأبخرة اللحام المسموح بها فى الهواء المحيط بعامـــل اللحـــام

فينبغى اقلال هذه الأبخرة الى نسبة معقولة أو التخلص منها تماما متى أمكن.ولكن أهم شئ يتوقف عليك انت وهو أن تبعد رأسك عن الأبخرة بالإضافة الى الأبخـرة التى تحمل شوائب، هناك أبخرة محملة بالغازات مع دخان اللحام.

-أكسيد النترات يسبب مشاكل مع معدات الأكسي أسيتيلين" ولكنه ينتج عن اللحـام المغطى للمعادن. أكسيد النترات يسبب التهابا بالعينين والأنف والحنجرة والتعرض لأكسيد النترات يسبب الدوار وفقدان الوعى، ينصح باستخدام ماسورة عادم للسيطرة على الغاز.

-الأوزون: انه خطر حتى ولو بكميات ضئيلة ويمثل مشكلة فى استخدام الأرجون كغاز واق فى لحام التنجستين أو المعـادن، الأوزون يلهـب العينـين والأغشـية المخاطية ويمكن أن يسبب جلطات رئوية وأمراضا تنفسية مزمنة ينصـح بشـدة باستخدام جهاز موضعى لطرد الأبخرة.

-أول أكسيد الكربون قد يكون مشكلة. عند استخدام ثانى أكسيد الكربون فى لحـام المعادن ربما ينتج أيضا عن الاحتراق الجزئى للمواد الخارجية مثل مواد الطـلاء والشحم.

-تجنب أبخرة المعادن وبخاصة الكروميوم والنيكل لأنها تؤدى الى تليف الـرئتين ومشاكل صحية أخرى. احرص دائما على استخدام تهوية جيدة أو أجهزة تنفس عند لحام الصلب الذى لا يصدأ.

الكادميوم: معدن شديد الخطورة اذ يمكنه ايذاء الرئتين والكليتين والبزوستاتا والدم، لا تقم بلحام الأشياء المغطاة بطبقة كادميوم بدون تعليمات واضحة مـن ملاحـظ العمال. مزيج المعادن النحاسية مثل باج ١ به كادميوم ويحتاج تهوية جيدة أثنـاء استعماله.

المنجنيز، النحاس، البريليوم ومركبات الفلورين والفناديوم أيضا أبخرة خطرة. شرر اللحام قد يؤذى عينيك ويحرق جلدك يقوم بهذا أجزاء الضوء التى لا تراهـا

أصلا، ألوان طيف الضوء الخارج من ماكينة اللحام تتوقف على الأمبيـر وعلـى الطريقة المستخدمة وتتراوح ما بين الآشعة تحت الحمراء الى الضوء المرئى الـى الآشعة فوق البنفسجية وهذه الأجزاء غير المرئية مـن الضـوء كالآشـعة فـوق البنفسجية وتحت الحمراء هي أشدها خطورة.

-هل تساءلت يوما لماذا تحرق الشمس جلدك، السبب هو الآشعة فوق البنفسـجية. بعض الغازات كثانى أكسيد الكربون لها تأثير بالغ على ترشـيح الآشـعة فـوق البنفسجية ولكن الأرجون لا تأثير له على الحد من اخراج الآشعة فوق البنفسجية لذا تزداد الخطورة عند استخدام غاز الأرجون عن استخدام ثانى أكسيد الكربون. ينتج ثانى أكسيد الكربون عن العديد من طليات الأقطـاب الكهربيـة، بعـض طليـات الأقطاب الكهربية تعمل كواق وتقلل من الاشعاع المباشر للآشعة فوق البنفسـجية ولكن الآشعة فوق البنفسجية الخارجة أثناء عمليات اللحام المغطى شديدة الخطورة، تأكد من وقاية عينيك بظل غامق مناسب للأمبير وللأسلوب الذى تستخدمه، ان لـم يرحك الظل الموصى باستعماله استخدم ظلا أغمق وليس أفتح.

العدسات المرشحة تنقسم الى ثلاثة أنواع: المصنوعة من زجـاج أو بلاسـتيك أو المطلية بالذهب ليستخدمها رواد الفضاء فى الفضاء، عندما تستخدم العدسة المطلية بالذهب تأكد من سلامة الطلية كذلك يجب ألا تكون بالعدسات شقوق يمكنها ترسيب الآشعة فوق البنفسجية. لن تشعر بالألم الحقيقى الا عندما تحترق عينيك بشدة بسبب اللحام وربما تجد نفسك مصابا بعاهة مستديمة. شرر اللحام يصـيب الجلـد كمـا يصيب العينين لذا احم نفسك جيدا. يفضل استخدام الألوان الغامقة لملابس اللحـام واستخدم الأقمشة التى تعكس بقدر ضئيل. للحام باستخدام التنجستين وارتـداء واق من الأرجون وأنت ترتدى معطفا أبيض قد يصبح كالنوم تحت مصـباح ملتهـب. النسيج الأبيض الذى يكون عادة منشى سيعكس الضوء تحت المظلة ويسبب حروقا شديدة على أجزاء من عنقك وحنجرتك، تجنب هـذا بارتـداء الخـوذة والألـوان

المناسبة. يجب عدم تعريض الجلد العارى أثناء اللحام، ان تجاهلت هـذا التحـذير فستصاب بحروق شديدة يتوقف مدى شدتها على العملية والأمبيـر المسـتخدمين. يجب أيضا أن تكون على دراية بالخطورة التى يمثلها الشرر للمحيطين بك، اعمل داءما فى وجود حواجز بينك وبين الآخرين فشرر اللحام يؤذى حتى على مسـافة ٥٠ قدما.

الصدمة الكهربية قد تميت، فى عمليات اللحام الكهربى تبدأ الدائرة الكهربيـة مـن مصدر كهرباء وتنتهى فى الأرض من خلال كابل يعود الى مصـدر الكهربـاء. عندما تقوم بأعمال اللحام فى قطبية مستقيمة تنساب الكهرباء من القطب الكهربـى الى مكان اللحام وفى القطبية العكسيبة تنساب فى الاتجاه العكسى وفـى الحـالتين يجب أن يعود التيار للأرض حتى يكمل الدائرة وسيعود للأرض من خلال أسـهل الطرق المتاحة. جزء مهم من عملك هو أن تحرص على ألا تكـون جـزءا مـن الدائرة، ان كان أسهل الطرق للأرض هو جسمك فسيتخذه التيار على الفـور. أولا تأكد من صحة عمل التوصيلات الكهربية ومن توصيل الأرضى طبقـا للمعـايير الكهربية المحلية، ثم تأكد من أن أسلاك الدائرة الأرضية كبيرة بحيث تكفى لحمـل التيار. كلما كان الكابل كبيرا قلت مقاومته للتيار. تأكد من أن الكابل بحالـة جيـدة ومن عدم وجود شقوق فى الغطاء الخارجى وتأكد من توصيله بأمـان الـى أرض مناسبة، هذا هو الطريق الذى للتيار أن يسلكه.

عادة يتم العمل فى اتصال مباشر مع الأرض وسيكون هناك طريـق آخـر آمـن للتيار. إن لم يكن للشئ الذى يتم لحامه أرضية جيدة يجب أن يعمل لـه أرضـية خاصة بالإضافة إلى التفريغ الأرضى الخاص بماكينة اللحام. تأكد من اسـتخدامك لكابلات جيدة والتوصيلات التى تتفق مع المعايير الكهربية المحلية.

احم نفسك من الخطر، لا تلمس أى معدن موصل للكهرباء مثل حامـل الأقطـاب الكهربية أو مخارج ماكينة اللحام. يجب أن يكون حامل الأقطاب معـزولا جيـدا

والحالة جيدة. عزل الكابلات يجب أن يكون سليما بلا شقوق. يجب أن تكون أغطية المخارج والتوصيلات الكهربية الخاصة بماكينة اللحام فى مكانها الصحيح.
يجب أن يغطى جسمك وألا يكون أى جزء من جلدك مكشوفا، استخدم دائما القفازات المصممة للحام وينبغى ألا يكون بها ثقوب أو زيوت أو شحوم ومن المهم أن تكون جافة اذ ان الماء موصل جيد للكهرباء. تذكر ذلك أثناء عملك. انتبه جيدا لئلا تتصل ملابس مبتلة بالتيار وجنب نفسك أن تصبح ممرا الى الأرض بأن تضع مادة عازلة جافة تحتك، هذا مهم بوجه خاص فى وضع الجلوس وبخاصة عند عملك داخل الهياكل أو البواخر. ينبغى فقط استخدام ماكينات اللحام المصممة طبقا لمعايير التيار الآمن للدوائر المفتوحة. فى معظم الحالات يكون الحد الأقصى ٨٠ فولت فى حالة عدم التحميل.
ينبغى أن تحذر لأن امكانية الحدوث ممكنة ولكن صدمة من ٨٠ فولتا لن تقتلك، هناك طريقا تصنع بها موقفا خطيرا نحذر بشدة ضدها وهى: انك لتكون بمأمن ينبغى ألا تستخدم أرضا مشتركة عند استخدامك قطبيات مختلفة بنفس الهيكل. استخدام قطبين متنافرين على نفس الأرض يحدث كثيرا فى أعمال اللحام بمواقع البناء ويسمح باستخدام الأقطاب الكهربية التى تحتاج لقطبية معكوسة ومستقيمة بنفس العمل ولكن لا ينبغى أن تستخدم فى نفس الوقت.
يجب أن توصل جميع الماكينات بنفس الفازة الخاصة بالتيار المغذى وبنفس القطبية بحيث ألا يستخدم التيار المتراوح والمباشر بنفس الهيكل فى نفس الوقت. اذا اصطدم عامل اللحام بمصدرى كهرباء (-٨٠ و +٨٠ فولت) فستكون النتيجة أن الفولت المار من خلال عامل اللحام سيزداد بدرجة خطر لذا هذه التحذيرات مهمة بشكل خاص. عندما يصطدم عامل اللحام بمصدرى كهرباء خارجين من ماكينتين مختلفتين فى ذات الوقت، كما قلنا ٨٠ فولتا لن تقتلك ولكن يصبح العمال مهملين، ان الصدمة الكهربية من ٨٠ فولت تكفى لاصابتك بانقباضات عضلية وان كنت تقف

بمكان خاطئ عند حدوث ذلك فربما تسقط سقطة فظيعة.

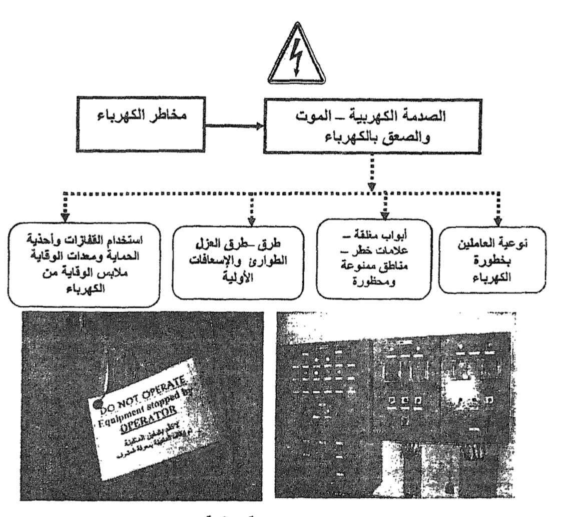
قلل من احتمالات حدوث حادث لك، لا تقم أبدا بلف الأسلاك حول جسدك فربمـا تصاب بصدمة كهربية من خلال شق لم تلحظه فى عازل السلك. تيقن من أن حامل الأقطاب الكهربية كبير بما يكفى للقطب الكهربى لتجنب السخونة الزائدة وان زادت سخونة الحامل بالفعل لا تبرده بوضعه فى الماء أبـدا وأيضـا لا تتـرك القطـب الكهربى بحامل مكهرب عندما تكون ماكينة اللحام بعيدة عن ملاحظتك.

مع كل الحرارة التى تولدها عمليات اللحام لا يدهشنا أن اللحـام يجـب أن يحـذر الحرائق فيجب أن تكون طفاية الحريق فى متناولك وأن تعرف كيف تستخدمها. لا تقم باللحام فى مسافة تقل عن ٣٥ قدما من المواد القابلة للاشتعال، ان لم تسـتطع تجنب ذلك وكان هناك احتمال لنشوب حريق كبير يلزم وجود حارس حريق وهـو شخص يراقب الموقف ويطلق انذار الحريق. تذكر أنك ترتدى واقيا غامقـا وأنـك مشغول، قد لا ترى الحريق حتى يفوت أوان عمل أى شئ.

كن دائما واعيا بالمحيط الذى تلحم فيه فقد تكون أبخرة متفجرة. أحيانـا المقـدار الصحيح من الغبار الصحيح فى الهواء كالدقيق قد يؤدى لانفجار ان قـدمت أنـت الشرارة. عند قيامك باللحام بمنطقة مغلقة فاحذر خصيصا من الأبخرة تـيقن مـن وجود تهوية كافية فى الأماكن المقفلة، تأكد من وجود غطاء عازل تحتـك سـواء تعرف هذا أم لا، بدون هذا الغطاء تقف على الجسم اللحام نفسه ويمكن أن تصـبح طرفا فى الدائرة الكهربية. عندما يضطر اللحام لدخول مكان ضيق من خلال فتحة صغيرة. تحتم لوائح السلامة أن تكون هناك وسيلة لاخراجه فى الطوارئ. فى حالة استخدام حبل وحامل لهذا الغرض يجب أن يكونا موجودين بحيث لا ينحشر جسـم اللحام فى فتحة صغيرة.

أكثر الحوادث تكرارا التى يواجهها اللحام هى الاصابة بحروق بسيطة أو شديدة وهـى تؤلم بشدة. تذكر أن تغطى الجلد العارى وأن تتعامل بحرص مع المواد الساخنة.

والشكل التالي يبين مخاطر الكهرباء وكيفية الوقاية منها وتفاديها .



شكل ٨-٧مخاطر الكهرباء وكيفية الوقاية منها وتفاديها

الخلاصة والتوصيات

تحتلّ المعالجة الفعّالة لمياه الصرف الصحي أهمية كبيرة بالنسبة للبيئة والصحة العامة . وقد أدّت أنشطة البحث الواسعة في هذا المجال إلى تطوير وتنويع وسائل وأساليب معالجة مياه الصرف وإدارة الحمأة. وتضمّنت هذه الدراسة وصفًا لعدد من التكنولوجيات المستعملة غالبًا في معالجة مياه الصرف والمعادلات المعتمدة لتحديد كفاءة التشغيل بالمحطة مع عرض موجز لتطبيقات الأجهزة الدقيقة والضبط في تشغيل ومراقبة عمليات المعالجة في المحطات.

ومؤخرًا، أعطيت إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة أهمية متزايدة، باعتبارها وحدة أساسية في إدارة الطلب على المياه .وبينما يمارس عدد من دول العالم إعادة استخدام المياه المعالجة في الزراعة، على الحكومات أن تتعامل مع إعادة استخدام المياه المعالجة باعتبارها جزءًا من استراتيجية متكاملة لإدارة المياه، على مستوى العالم، مع تنسيق متعدّد التخصّصات بين مختلف القطاعات، ومنها البيئة والصحة والصناعة والزراعة والشؤون البلدية . وفي هذا السياق، غالبًا ما ترتبط مخاطر الصحة العامة بإعادة استخدام مياه الصرف المعالجة

.ولذلك من الأهمية بمكان نشر المعلومات حول مخاطر إعادة استخدام مياه الصرف غير المعالَجة ووضع أسس حول الاستخدام الآمن، والأهمّ أنه على الحكومات ضبط نوعية المياه الخارجة من محطات المعالجة، وأساليب إعادة الاستخدام، والصحة العامة، ونوعية المياه المستخدمة للمحاصيل، ونوعية التربة والمياه الجوفية.

وبغية تعزيز التطور في أساليب معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف المتبعة حاليًا في الدول العربية ، ينبغي إنشاء شبكة معلومات تيسر تبادل المعلومات حول البحوث التطبيقية في مجال إدارة مياه الصرف والأساليب المناسبة لإعادة استخدامها .وينبغي أن تتحلى هذه الشبكة بمنظور شامل وأن تتناول كافة أوجه إدارة المياه ، وضمنها التكنولوجيات المناسبة والمعقولة الكلفة لجمع ومعالجة وصرف المياه، بالإضافة إلى

قضايا التنظيم والضبط الأساسية لإدارة المياه العادمة . وينبغي أن تكون هذه الشبكة أيضًا قادرة على تنفيذ عدة أنشطة، منها تلخيص ونشر معلومات وبحوث حول هـذا المجال؛ وحفظ معلومات حديثة حول أنشطة البحث والدراسات والمشـاريع التـي يضطلع بها أعضاء الشبكة؛ وتقديم معلومات حول برامج التدريب المتاحة في هـذا المجال؛ والتجاوب مع طلب المعلومات من أعضاء الشبكة؛ وتنظيم منتـديات علـى الخط للنقاش بين أعضاء الشبكة؛ وحفظ وتوسيع المعلومات حول إدارة مياه الصرف. وينبغي توجيه بعض الجهود نحو توفير البيانات حول تكاليف معالجة مياه الصرف في المنطقة العربية .ويمكن الحصول على هذه البيانات بإجراء مسح ميـداني لمنشـآت معالجة مياه الصرف العاملة في بلدان مختارة، لا سيّما وان تكاليف المعالجة الفعلية تتأثر كثيرًا بخصائص الموقع وظروف البلد . ومن الممكن الحصول على تقـديرات تكاليف المعالجة باستخدام تكنولوجيات متقدمـة) كالتناضـح العكسـي والترشـيح الميكروي والترشيح الفائق وغيرها وذلك عن طريق وحدات المعالجة في أوروبـا والولايات المتحدة الأمريكية، لأنّ هذه التكنولوجيات نادرة الاستخدام في محطـات المعالجة البلديّة في البلدان العربية.

قاموس

المصطلحات العلمية

A

الحمأة المنشطة Activated Sludge

هو اصطلاح يطلق علي مجموعة الكائنات الدقيقة الحية التي تري بالميكرسكوب وموجودة في الطبيعة ، وتكون في حالة نشطة فعالة ، ويطلق علي طريقة المعالجة البيولوجية التي تعتمد علي تلك الكائنات في المعالجة طريقة المعالجة بالحمأة والتي تعد من أشهر طرق المعالجة البيولوجية علي الاطلاق .

والحمأة المنشطة لها القدرة علي استهلاك المواد العضوية كغذاء سواء كانت هذه المواد عالقة او ذائبة في مياه المجاري .

الامتزاز (الادمصاص) Adsorption

هو احد الخواص الفيزيائية للمواد ، حيث تنتشر المواد القابلة للامتزاز علي سطح المادة المازة ، وهي احدي الطرق المتقدمة لمعالجة المخلفات والملوثات بغرض ازالة بعض المواد العضوية من المياه أو الهواء باستخدام مادة نشطة سطحيا مثل الكربون المنشط .

هوائي (Aerobic)

كائن حي قادر على العيش بوجود الأكسجين فقط، أوعملية تحدث فقط بوجود أكسجين جزيئي في الهواء او أكسجين مذاب في الماء .

البكتريا الهوائية Aerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تري فقط بالمجهر، وهي التي تنمو وتتكاثر فقط في وجود الأكسجين ويمتنع نموها في غيابه ، ومن مميزات هذه البكتريا انها تتغذي علي المواد العضوية وتحللها الي غاز ثاني أكسيد الكربون وماء ونواتج اخري غير ضارة واشهر هذه الأنواع من البكتريا Bacillus thermoliquifaciens, Pseudomonas delphini, non pathogenic Mycobacteria

الطحالب Algae

الطحالب كائنات اما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد علي غذائها علي ضوء الشمس حيث تقوم بعملية البناء الضوئي ، وللطحالب دور هام في المعالجة البيولوجية للمياه الملوثة في بحيرات الأكسدة تقوم بانتاج الأكسجين من خلال عملية

البناء الضوئي فتستهلك ثاني أكسيد الكربون وتنتج الأكسجين في وجود ضـــوء الشـــمس وذلك خلال النهار، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين المنتج بواسطة الطحالـــب داخل بحيرات الأكسدة الهوائية والمختلطة .

البكتريا اللاهوائية Anaerobic Bacteria

هي كائنات حية دقيقة تري فقط بالمجهر، وهي التي تنمـــو وتتكـــاثر فقـــط فـــي غيـــاب الأكسجين ويمتنع نموها في وجوده، وقد تقتل هذه البكتريا اذا تطرق الأكسجين الي بيئتها ، وتتميز هذه البكتريا انها تتغذي علي المواد العضوية في عدم وجود الأكسجين الـــذائب وتحللها الي غازات متعفنة وسامة وقابلة للاشتعال مثل غـــازات كبريتيـــد الهيـــدروجين والميثان والأمونيا ومجموعة اخري من الغازات المتعفنة والسامة.

B

البكتريا Bacteria

وهي كائنات دقيقة وحيدة الخلية ، يتكاثر معظم انواعها بالانقسام الثنائي ، وبـــالرغم مـــن ذلك هناك أنواع من البكتريا تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو بالتفرع .وحتي الان يوجـــد الاف الأنواع من البكتريا موجودة في الطبيعة ، وعموما يندرج معظمها تحـــت ثـــلاث أنـــواع رئسية تبعا لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية الشكل) والحلزونية (اللولبية). وتعد البكتريا من اكثر الكائنات الممرضة في المياه الملوثة بميـــاه الصـــرف الصـــحي أو الصناعي وذلك لان اعدادها في السنتيمتر المكعب الواحـــد تعـــد بـــالملايين وانواعهـــا بالالاف ، كما ان للبكتريا دور هام واساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لميـــاه الصرف الصحي والصناعي .

المخاطر البيولوجية Biological Hazards

وهي المخاطر ذات المنشأ البيولوجي وتتمثل العوامل البيولوجية الخطرة فـــي مســـببات الامراض المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام او المياه المعالجة او الحمأة المنتجة من المحطات ، ومسببات الامراض هي غالبا الكائنات الحية الدقيقة الممرضة والتـــي تشـــمل البكتريا والفيروسات والطفيليات والديدان.

عمليات المعالجة البيولوجية Biological Treatment Processes

وهي طرق و عمليات المعالجة التي يتم فيها التخلص من الملوثات في المخلفات السائلة وذلك بفعل نشاط الكائنات الحية الدقيقة الميكرسكوبية (Microorganisms).

وتختص هذه المعالجة البيولوجية بازالة الموادالعضوية القابلة للتحلل بيولوجيا عن طريق البكتريا سواء كانت هذه المواد العضوية غروية أو ذائبة في مياه المجاري. وينتج من المعالجة البيولوجية غازات كنواتج نهائية والتي تنطلق الي الهواء الجوي ونواتج اخري تدخل الي خلايا الكائنات الدقيقة ومن ثم يسهل ترسيبها بعد ذلك .

الأكسجين الحيوي المستهلك Biological Oxygen Demand BOD

يعتبر الأكسجين الحيوي المستهلك من أهم الأختبارات التي تحدد كفاءة المعالجة البيولوجية ، فقيمة الأكسجين الحيوي المستهلك تحدد بدقة قيمة الحمل العضوي الموجود في المياه (مقدار التلوث العضوي) ،ويعرف الأكسجين الحيوي المستهلك بأنه كمية الأكسجين الذي تستهلكه الكائنات الحية الدقيقة لأكسدة المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ويقدر بالمليجرام لكل لتر .

C

النظام المركزى لمعالجة مياه الصرف Central Wastewater Treatment System

هو مجموعة أو نظام معالجة لمياه الصرف الصناعى بحيث يتكون من شبكة تجميع ومنشأة معالجة مركزية .وتستخدم الأنظمة المركزية لتجميع ومعالجة مياه الصرف الناتجة من مجتمعات عديدة مختلفة.

الأكسجين الكيمائي المستهلك Chemical Oxygen Demand COD

ويعرف الأكسجين الكيمائي المستهلك بانه كمية الأكسجين المطلوبة لاكسدة وتكسير المواد العضوية بالتفاعل الكيميائي .

ولهذا فان الأكسجين الكيمائي المستهلك يعتبر قياس للمواد العضوية (القابلة للتحلل والتأكسد بيولوجيا وغير القابلة للتحلل بيولوجيا) ، لذلك فقيمة الأكسجين الكيمائي المستهلك أكبر او تساوي الأكسجين الحيوي المستهلك.

الترسيب الكيميائي Chemical Precipitation

الترسيب الكيميائي هو احد عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف وتتكون عملية الترسيب الكيميائي لمعالجة مياه الصرف من إضافة الكيماويات التي من شأنها تغيير الحالة الفيزيائية للمواد الصلبة الذائبة والعالقة وتسهيل عملية التخلص من هذه المواد عن طريق الترسيب. وفي بعض الأحيان يكون هذا التغيير طفيفا وتتأثر عملية التخلص سلبا بسبب حبس هذه المواد في كتلة مترسبة كبيرة الحجم يتكون معظمها من المادة الكيميائية نفسها. ومن نتائج هذه الإضافات الكيميائية أيضا زيادة نسبة المواد الذائبة في مياه الصرف. في الماضي كانت طرق الترسيب الكيميائي تستخدم لتحسين عمليات إزالة المواد العالقة والحمل العضوي BOD_5 من المياه.

تفاعل كيميائي Chemical Reaction

تغير يطرأ على المواد ، ويشمل تكسير روابط وإعادة تكوين روابط كيميائية وتترتب فيها الذرات بطريقة ينتج عنها مواد جديدة تختلف في خصائصها عن المواد المتفاعلة.

عمليات المعالجة الكيميائية Chemical Treatment Processes

وهي طرق وعمليات المعالجة التي يتم فيها إزالة او تحويل ملوثات المخلفات السائلة عن طريق إضافة الكيماويات أو عن طريق التفاعلات الكيميائية ، ومن أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائي والادمصاص والتطهير وهذه العمليات من اكثر العمليات شيوعا في معالجة مياه الصرف الصحي.

الكلورة Chlorination

تدمير وقتل الكائنات الممرضة باستخدام الكلور او مركباته ، كأحد اكثر الطرق شيوعا في تطهير مياه الصرف الصحي أو الصرف الصناعي أو مياه الشرب .

الترويب Coagulation

الترويب هى عملية يتم فيها إضافة مواد كيمائية (مروبات) إلى المياه التى تحتوى على مواد عالقة كالغرويات والبكتريا وجزئيات الطمى وجميعها تحمل شحنات كهربائية سالبة على سطحها. وعندما تتفاعل المروبات مع المياه تكون ما يعرف "بالندف" تلتصق بها المواد العالقة التى تحمل شحنة سالبة فتزداد حجما ووزنا وبذلك يمكن ترسيبها بسهولة فى أحواض الترسيب وفى وقت وجيز.

المواد الغروية Colloidal matter

وهي جزء من المواد الصلبة يعرف بالمواد الغروية وهذه المـــواد تنـــتج مـــن مخلفـــات المجازر والدهون والزيوت الذائبة في الماء وتسبب عكارة في الماء والمواد الغرويـــة لا يمكن فصلها بالطرق الطبيعية مثل الترشيح أو الطرق الميكانيكية .

الكلور المتبقي المتحد Combined Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في الماء علي هيئة مركبات للكلور مع الأمونيا التي توجد اصـــلا في الماء أو تضاف الي الماء قبل إضافة الكلور.

لكمر Composting

عملية محكومة لتثبيت المواد العضوية بالطريقة الهوائية (فى وجود البكتيريـــا الهوائيـــة) ليتنج المكمورات وهي أسمدة عضوية تستخدم في تخصيب الأراضـــي الزراعيـــة. وتـــتم عملية الكمر للمخلفات الصلبة (القمامة) والمخلفات الزراعية والمخلفات الحيوانية (الروث) وبعض انواع حمأة الصرف الصحي . ويعد الكمر من الطرق المتبعة في كثير من البلدان لإعادة استخدام الجزء العضوي من القمامة كسماد، وتتوقف نوعية المنتج النهـــائي علـــى كفاءة الفصل النوعي للمخلفات العضوية وتمام نضوج المكمورات.

D

نزع الكلور Dechlorination

إزالة الكلور الكلي المتبقي المتحد والذي قد يكون موجودا بعد عملية التطهير بالكلورة

عملية التطهير Disinfection

التطهير هو التدمير والقتل النوعي المنتخب للكائنات المسببة للامراض، والمياه المعالجـــة الناتجة من محطات تنقية الصرف الصحي بها العديد من الكائنات الممرضة ولهذا يلـــزم تطهيرها قبل صرفها واعادة استخدامها

وتتم عملية التطهير باضافة جرعة الكلور اللازمة الي المياه خلال غرفة التلامس في مدة مكث تتراوح بين ٢٠ الي ٣٠ دقيقة .

نظام الطفو الهوائي المذاب Dissolved Air Floatation(DAF)

هو أحد طرق المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف وفي هذا النظام يتم ملامسة الهواء لمياه الصرف تحت ضغط عال مما يؤدى إلي إذابة الهواء. ويتم خفض الضغط علـى سطح المياه من خلال صمام ضغط خلفي ينتج عنه فقاقيع هواء تماثل حجـم الميكـرون تزيـل المواد العالقة والزيوت من مجري المياه الملوثة وإلى سطح الوحدة. ويتم كشط الرغوة من سطح المياه بعد المعالجة.

لأكسجين الذائب Dissolved Oxygen

يحتوي الهواء الجوي علي حوالي ٢٠ في المائة من حجمه علي غاز الأكسـجين، وعنـد احتكاك الماء بالهواء فان نسبة من ذلك الأكسجين تذوب في الماء ويعـرف بالأكسـجين الذائب ، وللاكسجين الذائب أهمية كبري في حياه الكائنات المائية ، اذا تستخلص كثيـر من الكائنات الأكسجين الذائب من المياه .

E

الاثراء الغذائي (Eutrophication)

ظاهرة تحدث في مسطحات المياه تنمو فيها الطحالب والنباتات العالقة بشـكل كثيـف بحيـث يصبح المسطح المائي مغطى تماماً بهذه النباتات ويبدو وكأنه جزء من اليابسة. يحدث التخثـر عادة لزيادة تركيز مركبات النيتروجين والفسفور (غالباً نتيجة لتصرفات ملوثة مـن الصـرف الصحي والصناعي بها أحمال عالية من هذه المركبات) في المـاء والتـي تشـكل العناصـر الغذائية للنبات مما يترتب عليه ذلك النمو الكثيف للحياة النباتية. ينتج عن التخثر العديـد مـن الأضرار البيئية منها منع وصول الضوء إلى الماء مما يترتب عليه موت النباتات الموجـودة في القاع ويعمل ذلك على اختلال التوازن الحيوي في المسطح المائي المصاب.

F

الترشيح Filtration

هو الإزالة المادية للمواد الصلبة العالقة من المياه (أو الهواء) بتمريرها أو تمريره خـلال مادة مسامية تسمي وسط الترشيح.

الكلور المتبقي الحر Free Residual Chlorine

وهو الكلور الذي يوجد في المياه علي صورة حرة علي هيئة حمض الهيبوكلورس والذي ينتج من تفاعل الكلور مع الماء.

الفطريات Fungi

الفطريات كائنات متعددة الخلايا وليست كائنات ضوئية (لا تحصل علي غذائها من عملية البناء الضوئي) ، وتتكاثر الفطريات بثلاث طرق بالتكاثر الجنسي أو اللاجنسي (بالانقسام وبالتفرع) أو بالابواغ .معظم الفطريات كائنات هوائية تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ولها القدرة علي العيش وجود نسبة رطوبة قليلة ، ويمكنها التغلب علي الظروف البيئية الصعبة مثل التغيرفي قيمة الأس الهيدروجيني.

G

اشعة جاما Gamma Rays

عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية لها قدرة عالية علىّ النفاذ وتزداد بزياده طاقتها سرعتها تقريبا تعادل سرعة الضوء وتُطلق أشعة جاما عندما تكون النواة في حالة طاقة عالية بعد الانحلال الأشعاعي وتستخدم اشعة جاما في تطهير حمأة الصرف الصحي في بعض البلدان الاوربية.

H

الخطر Hazard

هو تصرف غير آمن أو ظرف غير آمن أو مزيج من الاثنين من شأنه أن يسبب إصابة أو مرضاً أو الموت أو ضرراً فى الأملاك.

المعادن الثقيلة Heavy Metals

وتعرف بأنها تلك العناصر التي تزيد كثافتها على خمسة أضعاف كثافة الماء ٥ جم /سم٣ المكعب وهي لها تاثيرات سلبية على البيئة عند الأفراط في استخدامها كما تؤثر على صحة الأنسان والحيوان والنبات وأن جميع هذه المعادن تشترك كثيرا في صفاتها الطبيعية الان تفاعلاتها الكيميائية مختلفة وينطبق هذا على اثارها البيئية فبعض هذه المعادن كالزئبق والرصاص والكادميوم ه:شئنها خطر على الصحة العامة بينما المعادن

الاخرى مثل الكروم والحديد والنحاس تقتصر اثارها على أماكن العمل الذي يحدث فيهـا التعرض لفترات طويلة ولهذا فهي اقل خطرا من المعادن الاخرى كالرصاص الـذي زاد انتشاره في الاونة الاخيرة واصبح موجودا بكثرة في الماء والهواء والغذاء.

I

العوامل المسببة للعدوى مسببات الأمراض Infectious agents

من اهم عوامل العدوي المنتشرة في محطات مياه الصرف الصحي والصناعي الكائنات الحيـة الدقيقة مثل البكتريا والفيروسات والبرتوزوا (الاوليات) او الطفيليات الاولية ، وتسبب هـذه الكائنات الحية الكثير من الأمراض و فالبكتريا مثلا تسبب مـرض الكـوليرا والفيروسـات تسبب مرض الالتهاب الكبدي الوبائي والبرتوزوا تسبب مرض الدوسنتاريا الاميبية .

ومن اهم الأسباب التي تؤدي الي انتشار وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة الممرضة في ميـاه الصرف هو صرف مخلفات المستشفيات والمراكز الطبية والعلاجية الي شبكة المجـاري العامة دون تعقيم أو تطهير لهذه المخلفات مما يؤدي الي انتشار الأمراض المعدية التـي تكون المياه الملوثة ناقلة لها.

المواد غير العضوية Inorganic Matter

وهي المواد التي لا يدخل في تركيبها عنصر الكربون مثل الرمـل والـزلط والامـلاح والعناصرالثقيلة وتتميز هذه المواد الغير عضوية بانها ثابتة لا تتحلل.

L- M - N

الحمأة السائلة Liquid Sludge

هي المواد المشبعة بالمياه والراسبة بقاع الحوض وكمية الحماة السائلة تقدر بما لا يزيـد عن ١ % من كمية مياه الصرف الداخلية للحوض.

الفحص الميكرسكوبي لمياه الصرف Microscopic Examination

والغرض الاساسي من هذا الفحص معرفة خواص الحمأة المنشطة وانـواع الكائنـات الدقيقة الموجودة ومدي سيادة وانتشار نوع عن اخر ، ولهذا يعد الفحـص الميكرسـكوبي للحمأة المنشطة من الطرق الهامة للحكم علي كفاءة المعالجة البيولوجية .ويهـتم الفحـص الميكرسكوبي بنقطتين أساسيتين :

الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms

هي كائنات حية نباتية أو حيوانية من الصغر بحيث يمكن رؤيتها فقط من خلال المجهر، مثل البكتيريا، والخمائر، والطحالب، وأحاديات الخلايا. وتفيد بعض الكائنات الدقيقة في حين أن البعض الآخر يشكل خطرا على صحة الإنسان. ويختلف كل نوع من هذه الكائنات الحية في التركيب والوظيفة والسلوك ، ووضع الكائن الحي في المنظومة البيئية ، والذي نعني به درجة تأثره وتأثيره في البيئة من حوله ودرجة أهميته أو خطورة وجوده في النظام البيئي .

السائل المخلوط لحوض التهوية Mixed Liquor

عندما تخلط الحمأة العائدة من احوض الترسيب النهائي (النشطة) مع مياه الصرف القادمة من احواض الترسيب الابتدائي او من وحدات المعالجة الاولية ، يتم تسمية المياه التي يحتويها حوض التهوية بالسائل المخلوط .

الارتشاح الغشائي الطبيعي (الاسموزية الطبيعية) Natural Osmosis

العملية التي من خلالها يمر الماء من غشاء شبه نفاذ من منطقة ذات تركيز أعلى للمياه (مثل المحلول الأخف تركيزا) إلى منطقة تركيز مياه أقل (مثل محلولا أكثرتركيزا).

الملوثات الطبيعية Natural Pollutants

هي الملوثات التي لا يتدخل الأنسان في احداثها ، مثل الغازات والأبخرة التي تتصاعد من البراكين أو تأثير الانفجارات الشمسية علي الطقس ، أو احتراق الغابات بشكل طبيعي جراء ارتفاع الحرارة ، أو انتشار حبوب اللقاح في الجو أو الكائنات الحية الدقيقة الضارة

التعادل Neutralization

التعادل هو احد عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف ،والغرض من عملية التعادل هو معادلة المخلفات السائلة الصناعية – سواء كانت حمضية أو قاعدية – بالمواد الكيميائية المناسبة قبل صرفها إلى المجارى العمومية أو إعادة استخدامها حيث تتطلب معظم التشريعات والقوانين البيئية أن يتراوح الأس الأيدروجيني بين ٦– ٩ قبل الصرف النهائي. وضبط الأس الهيدروجينى من المراحل الهامة فى معالجة الصرف الصناعى

حيث أن المحاليل زائدة الحموضة غير مرغوب فيها وكذلك المحاليل زائدة القلوية، فتلك السوائل الزائدة تؤثر بالضرر الشديد علي خطوط ومواسير الصرف وكذلك علي كافة العمليات الفيزيائية والكيميائية لمعالجة مياه الصرف .

النترات (Nitrate (NO3

أنيونات (ايونات سالبة) شائعة في المياه. والمصادر الشائعة للنتراتهي المخصبات (الأسمدة) ، وخزانات المجاري، والمجاري التي لم تعالج أو لم تعالج بصورة كاملة. والنترات أملاح قابلة للذوبان بدرجة عالية، ولهذا يصعب إزالتها من المياه. وإذا وجدت النترات بستويات عالية في مياه الشرب، فإنها يمكن أن تؤدي إلى أعراض الدم الميثيموجلوبيني، والذي تشيع معرفته باسم مرض "الطفل الأزرق".

النيترة او التأزت(تثبيت لنتروجين) Nitrification

وهي العمليات البيولوجية والتي يحدث فيها تثبيت للنتروجين عن طريق تحول الأمونيا الي نيتريت ثم الي نترات بفعل الكائنات الحية الدقيقة .

النيتروجين Nitrogen

النتروجين عنصر موجود في الطبيعة ويمثل ٧٠ % من الهواء الجوي ، وهو مكون هام للمواد العضوية النتروجينية ،ونظرا لأهمية النيتروجين كحجر أساس في سلسلة البروتين، فإن بيانات النيتروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية. إن عدم وجود النيتروجين بشكل كاف يجعل من إضافته ضرورة لجعل مياه الصرف قابلة للمعالجة. ولكى يتم التحكم فى نمو الطحالب فى المياه المستقبلة فإن اختزال أو إزالة النيتروجين فى مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة. ويشمل النيتروجين الكلى – والمستخدم كمؤشر شائع – على العديد من المركبات مثل الأمونيا وأيون الأمونيوم والنترات والنيتريت واليوريا والنيتروجين العضوي (الأحماض الأمينية والأمينات).

المغذيات مواد الاثراء الغذائي Nutrients

وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الدقيقة.تحتاج المغذيات في نموها وتكاثرها ولو بنسب ضئيلة . من أهمها النتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالانهار والبحيرات تؤدي الي نمو الطحالب غير المرغوب فيها ، وايضا

وجودها بتركيزات عالية يسبب استنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنـــات المائية كالأسماك نتيجة للاختناق ، ولو تسربت للارض تسبب تلوثا للمياه الجوفية .

O

الزيوت والدهون والشحوم Oils ,Fats and Greases

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتا حيث انها لا تتحلل بسهولة بفعــل البكتريـــا (تحللها يحتاج الي انزيمات خاصة) وقد تصل زيوت التشحيم الي مياه الصرف الصـــحي عن طريق الورش والجراجات ومحطات الوقود ، وتطفو هذه الزيوت علي سطح الميـــاه ويتبقي جزء ضئيل منها في صورة مواد راسبة تتجمع مع الحمأة .

وعموما يجب إزالة الشحوم والزيوت قبل وحدات المعالجة البيولوجية. نظرا لان وجودها في احواض التهوية قد يعوق عملية تبادل الاكسجين بين الماء والهواء وقد يحدث انسداد في مواسير توزيع المياه وتوزيع الهواء .

المواد العضوية Organic Matter

وهي المواد التي يدخل في تركيبها عنصر الكربون وتحتوي ايضا علي الهيدروجين وقــد تحتوي علي الأكسجين والنتروجين ومن امثلة هذه المواد النشويات والدهون والبروتينـــات ، والمواد العضوية قابلة للتحلل الي مواد اخري بسيطة والي غازات بواســطة البكتريـــا والكائنات الحية الدقيقة.

ملوث عضوي Organic Pollutant

تركيز غير مرغوب لمركب كيميائي يتألف في معظمه من الكربون والهيدروجين. وينتج بعض تلك المركبات طبيعيا والبعض الأخر يحضر صناعيا ومن امثلة الملوثات العضوية المبيدات العضوية والدهون والمركبات النتروجينية العضوية.

P

الطفيليات Parasites

الطفيليات هي كائنات حية دقيقة تعتمد في معيشتها علي حساب كائنات اخري ومنها مـــا يعيش داخل جسم الانسان وهي كائنات متعددة الأشكال والأحجام والآثار هي طبقــة مــن

الكائنات التي تشمل الاوليات(protozoa) والديدان وتنتشر كثير من انواع الطفيليات في مياه الصرف الخام ومياه السائل المخلوط لحوض التهوية في وحدات معالجة مياه الصرف البيولوجية .

وحـــدات المعالجة الفيزيائية Physical Treatment Processes

تعتمد طرق المعالجة الفيزيائية علي الخواص الطبيعية الموجودة في الطبيعة نفسها بـــدون تدخل الأنسان ، اي القوي الموثرة هي قوي طبيعية التي لاحظها واكتشفها الأنسان داخل البيئة المحيطة.

ووحدات المعالجة الفيزيائية هي دائما الوحدات التمهيدية والاولية لكل مشـــاريع معالجـــة المخلفات السائلة ، حيث يبدا كل مشروع بوحدات معالجة فيزيائية كمرحلـــة اولـــي مـــن مراحل المعالجة .

ومن أهمها التصفية ، إزالة الرمال ، الترشـــيح ، الطفـــو ، الادمصـــاص ، الترســـيب والتناضح العكسي .

رقم(قيمة) الاس الهيدروجيني pH value

هو اللوغاريتم السالب لتركيز ايون الهيدروجين في سائل ما ، وهو تعبير علـــي تركيـــز ايونات الهيدروجين في المحلول اي مقياس الحموضة والقلوية ، وهذه القيمـــة تبـــدأ مـــن صفر الي ١٤ ،يعد قياس قيمة الاس الهيدروجيني من اهم الأختبارات الفيزيائيـــة التـــي تجري علي مياه الشرب ومياه الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي والمياه الجوفيـــة وتاتي اهمية ذلك من ان قاعدية أو حامضية وسط المعالجة يلعب دورا هاما ويؤثر بفاعلية علي جميع التفاعلات الكيميائية والطبيعية والبيولوجية خلال مراحل معالجة المياه المختلفة

المعالجة التمهيدية لمياه الصرف Preliminary Wastewater Treatment

هي المرحلة التمهيدية المبدئية التي تمر بها مياه المجاري الداخلة لمحطة التنقية ، حيـــث يتم فصل المواد كبيرة الحجم بواسطة حواجز وشباك ، ثم يتم تخفيضسرعة سريان تيـــار المجاري الي ٣٠ سنتيمتر في الثانية في قنوات حجز الرمال للسماح للحصـــي والرمـــال بالترسيب الي القاع ، وبامرار تيار من الهواء في المياه يتم فصل الزيوت والدهون بالطفو وايضا طرد معظم الغازات المتعفنة والسوائل المتطايرة التي تحملهـــا ميـــاه المجـــاري ،

وباذابة كمية من الأكسجين في المياه يتم انعاشها لكل تصبح صـــالحة لمعيشـــة البكتريـــا الهوائية في المراحل القادمة من المعالجة.

الحمأة الابتدائية Primary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الأبتدائي ذات لون رمادي غامق يميل للاسود وهي خفيفة لقوام كريهة الرائحة وتحتوي علي مواد عضوية ذائبة وعالقة وعلي العديـــد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات .

المعالجة الأبتدائية لمياه الصرف Primary Wastewater Treatment

في المعالجة الأبتدائية يتم التخلص من جزء كبير من المواد العالقة والمواد العضوية مـــن مياه الصرف (حوالي من ٥٥ - ٦٠% من المواد الصلبة العالقـــة و ٣٠-٣٥ % مـــن الأكسجين الحيوي المستهلك) .وقد يصاحب المعالجة الأبتدائية وحدات معالجة فيزيائيـــة مثل التصفية وفصل الزيوت والدهون ومن ثم فان المعالجة الأبتدائية هي معالجة مساعدة اولية للمعالجة الثانوية والمياه الناتجة عن المعالجة الأبتدائية ما زالت تحتوي علي كثيـــر من المواد العضوية ويكون تركيز الأكسجين الحيوي المستهلك عالي نسبيا.

الاوليات (البروتوزوا Protozoa

البروتوزوا (الاوليات) كائنات اولية ميكرسكوبية لها القدرة علـــي الحركـــة، ومعظـــم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية اي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين ، علي الـــرغم من وجود انواع قليلة منها لاهوائية. والبرتوزوا كائنات أكبر في الحجم مـــن البكتريـــا اذ يتراوح حجمها بين ١٠ الي ١٠٠ ميكرون وقد تستهلك البكتريا كمصـــدر مـــن مصـــادر الطاقة والغذاء

شبكة المجاري العامة Public Sewage Network

هي شبكة من خطوط المجاري والتي يتم بواسطتها تجميع ونقل ميـــاه المجـــاري العامـــة بشكل مشترك أو منفصل مع مياه الأمطار ، والهدف من شبكة المجاري العامة .هو تجميـــع ونقل مياه الصرف إلى محطات المعالجة أو نقطة الصرف النهائية.

R

المجاري الخام Raw Sewage

هي مياه المجاري التي تصل الي محطة التنقية طازجة اي غير متعفنة ، وذلك لاحتواها علي كمية مناسبة من الأكسجين الذائب فيها ، وتتميز هذه المجاري بان لونها رمادي متجانس ورائحتها متزنخة مثل رائحة التراب .

المتبقيات Residues

تشمل المواد الصلبة الناتجة والمتبقية أثناء معالجة الصرف الصحى فى مكونات نظام المعالجة، وتتضمن الحمأة، الفضلات، والمواد التى يجرى ضخها من مصائد الشحوم، خزانات التحلل، وحدات المعالجة الهوائية، وأى مكونات أخرى لأنظمة الموقع أو التجميع.

الحمأة المعادة Return Activated Sludge

هي كمية الحمأة الثانوية التي تعاد من قاع المروقات الثانوية الي حوض التهوية ، وذلك بغرض زيادة تركيز عدد الكائنات الحية النشطة اللازمة لعملية المعالجة في حوض التهوية .

الاسموزية العكسية Reverse Osmosis

عملية الاسموزية العكسية تتم بدفع المياه تحت ضغط مرتفع وبقوة يسمح لها بتخطي الغشاء الشبه منفذ باتجاه عكسي لما يحدث في الاسموزية الطبيعية مما يؤدي الي نفاذ المياه النقية تاركة الأملاح والملوثات الاخري مثل البكتريا والفيروسات

S

الحمأة الأمنة Safe Sludge

هي الحمأة التي يمكن تداولها وأستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة ، وامنة تماما للانسان والحيوان ، وحتي تكون الحمأة امنة يجب ان يكون تركيز المعادن الثقيلة بها في الحدود الأمنة المسموح بها ، وان يتم خفض محتوي الكائنات الممرضة بها للحدود الأمنة وذلك بمعالجتها وتثبيتها قبل تداولها .

الدفن الصحي للمخلفات (Sanitary Land filling)

طريقة هندسية للتخلص من المخلفات في الأرض بطريقة لا تسمح بتلوث البيئة. ويتم الدفن الصحي للمخلفات بملء حيز معين من الأرض بهذه المخلفات وتخزينها في هذا الحيز لفترة معينة حتى يتم تحللها إلى المواد الاولية وتصبح غير خطرة. وتتم عملية الدفن الصحي بنشر المخلفات على الأرض ثم دمكها وتغطيتها في خلايا متتابعة. ويتم عادة عزل الأرض التي يتم استخدامها للدفن الصحي عن البيئة المحيطة لمنع تسرب السوائل التي تخرج من المخلفات إلى التربة المحيطة والمياه الجوفية.

الحمأة الثانوية Secondary Sludge

هي المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الثانوي وهي ذات لون بني خفيفة القوام تحتوي علي كتل بيولوجية والعديد من الكائنات الممرضة مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات وتسمي ايضا الحمأة البيولوجية حيث انها نتجت بعد مراحل معالجة بيولوجية .

المعالجة الثانوية التقليدية لمياه الصرف Secondary Wastewater Treatment

تعرف المعالجة الثانوية بانها مجموعة من عمليات ووحدات المعالجة المتصلة ببعضها بهدف التخلص من نسبة كبيرة من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا ونسبة كبيرة من المواد العالقة الصغيرة في الحجم نسبيا والتي لم تترسب في المعالجة الأبتدائية مثل أحواض الترسيب الابتدائي (حيث يمكننا ازالة اكثر من ٩٥% من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا في المعالجة الثانوية)، واكثر من ٩٦% من المواد العالقة .

وتجمع "الحمأة"، الناتجة من المراحل، التمهيدية والابتدائية والثانوية، وينقل إلى "خزان هضم الحمأة". لتتولّى البكتيريا تكسير المواد العضوية المعقدة، وتحويلها إلى مواد أقل تعقيداً، ويصاحب هذه العملية انطلاق غاز الميثان، الذي يستخدم مصدراً للوقود. ويجمع الحمأة، المتبقي من هذه العملية، ويجفف، ويستخدم كمخصبات للتربة.ويعد التطهير والتعقيم من وحدات وعمليات المعاجة الثانوية في كثير من محطات المعالجة بينما يعتبره البعض من عمليات المعالجة الثلاثية أو المتقدمة.

التر سيب Sedimentation

تعد عملية الترسيب من اوائل العمليات التي استخدامها الأنسان في معالجة المياه . وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليات المعالجة الكيميائية مثل أزالة العسر والترويب . وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها .

المواد القابلة للترسيب Settable Solids

هي المواد ثقيلة الوزن ويتم رسوبها في القاع بالجاذبية عندما تقل سرعة سريان تيار مياه المجاري ،ويمكن تقديركمية تلك المواد بأخذ لتر من عينة المجاري ووضعها في قمع امهوف وبعد سكونها لمدة ساعة تقدر كميتها بالسنتيمتر في اللتر

مياه الصرف الصحي Sewage Water

هي المياه الملوثة بفعل مواد صلبة أو غازية أو سائلة أو كائنات دقيقة نتجت أو تخلفت عن المنازل والمتاجر والمطاعم والمنشأت البلدية.

هضم الحمأة Sludge Digestion

هو التحلل البيولوجى للمواد العضوية الموجودة فى الحمأة، وينتج عن هذا التحلل التحول إلى غازات أو حدوث إسالة للحمأة وقد يكون هذا التحلل هوائيا أو لاهوائيا.

معالجة الحمأة (الرواسب الصلبة) Sludge and Residue Treatment

هناك العديد من الطرق والعمليات التي يمكن عن طريقها معالجة المخلفات السائلة وهي تختص بمعالجة الجزء السائل منها ، ولابد من الاخذ في الاعتبار ومراعاة طرق معالجة الحمأة الصلبة في تصميم محطات الصرف الصحي حيث ينتج من عمليات المعالجة كميات من المواد الصلبة في صورة حمأة نشطة يجب معالجتها وتثبيتها للحصول على مواد ثابتة يمكن الأستفادة منها كسماد أو يمكن التخلص منها بصورة امنة بيئيا .

الحمأة Sludge

المقصود بالحمأة هو المادة الصلبة المتخلفة المترسبة الناتجة من محطات معالجة الصرف الصحي أو الصرف الصناعي .

تثبيت المواد العضوية (Stabilization of organic matters)

عملية تحليل المواد العضوية إلى مواد اولية خاملة غير ضارة، وتتم عادة بطرق حيوية بفعل البكتيريا والكائنات المجهرية الأخرى. ينقسم تثبيت المواد العضوية بالطرق الحيوية إلى نوعين رئيسيين، التثبيت الهوائي (في وجود الأكسجين) والتثبيت اللاهوائي (في غياب الأكسجين)، ومن تطبيقات التثبيت الحيوي للمواد العضوية معالجة الصرف الصحي ومعالجة الحمأة وعملية الكمر (Composting). ويمكن أيضاً تثبيت المواد العضوية عن بطرق كيميائية باستخدام عوامل مؤكسدة.

التعقيم Sterilization

عملية التعقيم هي إزالة وقتل كل الميكروبات (البكتيريا و الفيروسات والفطريات والطفيليات) بما في ذلك الأبواغ الجرثومية.

T

المعالجة الثلاثية المتقدمة (الخاصة) Tertiary Advanced Treatment

تعرف عمليات المعالجة المتقدمة بانها درجة خاصة من درجات المعالجة والتي تلي وتتبع عمليات المعالجة التقليدية الثانوية لإزالة بعض المكونات والملوثات في مياه الصرف مثل المغذيات والمواد السامة واية معدلات عالية غير طبيعية من المواد العضوية والمواد العالقة.

وفي هذه المرحلة، يُجرى عديد من العمليات الكيماوية والفيزيائية، للتخلص من مختلف الملوثات، التي لم يُتخلص منها، في المراحل السابقة، مثل الفسفور، والنيتروجين، والمواد العضوية الذائبة، وبعض العناصر السامة. وينتج من هذه المرحلة ماء، على مستوى عال من النقاء؛ إذ يُزال نحو ٩٩,٥ % من المواد العالقة الصلبة،والنيتروجين، والفوسفور، والزيوت العالقة والدهون . وتتضمن هذه العمليات: التخثر الكيماوي، والترسيب، الترويب بالكيماويات والتزغيب والطفو والترسيب الذي يلي الترشيح والترشيح الرملي، والأمتصاص الكربوني، والتبادل الأيوني، والتناضح العكسي .

المواد العالقة في المياه Total Suspended Solids (TSS)

وتشمل كل المواد الطافية والمعلقة سواء علي سطح الماء أو في داخله ، وهي وزن المواد التي يمكن حجزها علي وسط ترشيح بعد تجفيفها في فرن تجفيف درجة حرارته ١٠٣ الي ١٠٥ درجة مئوية ، وتقدر كمية المواد العالقة بالمليجرام في اللتر .

المواد السامة Toxic Substances

المواد السامة تعد ثالث اكثر الأنواع الكيماوية انتشارا في المجال الصناعي واكثرها خطورة وتعرف المواد السامة بانها اية مادة تسبب سمية أو تسمم للانسان

ومن المواد السامة الغير عضوية مادة الاسبستوس الخطيرة والتي عند التعرض الشديد لها لفترات طويلة تسبب اصابة الرئتين بالتليف وممكن ان يؤدي الي حدوث سرطان بالرئة .،والعناصر الثقيلة مثل الكادميوم والزئبق والرصاص من المواد ذات الطبيعة السامة لطبيعة تراكمها داخل جسم الانسان مسببة تلف للكلي والكبد ، ومن اهم مصادر العناصر الثقيلة صناعات البطاريات والطلاء الكهربي .

والفينولات ومركبات الفورمالدهيد والتي تنتج من مصانع البلاستيك والمواد اللاصقة تعد من المواد العضوية السامة.وتنتقل كثير من المواد السامة للانسان عند تلوث البيئة المائية بتلك المواد عبر سلسلة الغذاء مع النبات والحيوان او بالاتصال المباشر بالأنسان.

معالجة المواد السامة Toxic Substances Treatment

هناك انواع من مياه الصرف تحتوي علي مواد ذات سمية أو ملوثات خاصة مثل أنواع الصرف الصناعي التي تنتج كثير من العناصر السامة والعناصر شديدة التلوث والتي يلزم لمعالجتها طرق وعمليات خاصة بكل مجموعة من الملوثات.

تسبب الملوثات السامة مشاكل كثيرة في عمليات المعالجة ؛ فضلا عن اثارها المدمرة علي البيئة وخاصة البيئة المائية.

أسلوب (تكنولوجيا) المعالجة Treatment Technology

أية عملية يقصد بها تنقية المياه من الملوثات.

العكارة Turbidity

المظهر المرئي للمياه العكرة التي تمتلئ بالمواد العالقة. وقد تقاس درجة العكـــارة التـــي تعتبر خاصية بصرية، وتستخدم لتحديد مستوى نوعية المياه وصفائها.

U

الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Radiation UV)

أشعة كهرومغناطسية غير مرئية حيث أنها تتميز بطول موجة أقل مـــن تـــردد الضـــوء المرئي. وتنبعث الأشعة فوق البنفسجية مع أشعة الشمس وتنقسم الى ثلاث درجـــات (A, C ،B) حسب طول الموجة.. وتعتبر الأشعة فوق البنفســجية ذات الموجـــات الطويلـــة (UVA) مفيدة لحياة النباتات على الأرض، كما أنه يـــتم اســـتخدامها فـــي العديـــد مـــن التطبيقات الطبية. أما بالنسبة للأشعة فوق البنفسجية المتوسطة فإنها ضارة لصحة الأنسان حيث تتسبب في حدوث سرطان الجلد وبعض أمراض العين (مثل مرض عتامة العدســـة كتراكت). وتعتبر أخطر أنواع الأشعة فوق البنفسجية هي الأشعة قصير الموجة (UVC) حيث تتسبب في قتل العديد من الكائنات الحية وحدوث أمراض سرطان الجلد وغيرها من الأضرار على صحة الأنسان

V

الفيروسات Viruses

الفيروسات ابسط واصغر الكائنات الدقيقة ، حيث يتراوح حجمها ما بـــين ٠,١ الـــي ٠,٣ ميكرون ، وتتكون الفيروسات اساسا من حامض نـــووي محـــاط بـــه بـــروتين . وكـــل الفيروسات متطفلة اي لا يمكنها الحياه خارج الكائن الحي او خارج الخلية الحية ، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفـــل عليـــه (العائل) او من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات الجدري ، الالتهاب الكبـــدي الوبائي ، شلل الاطفال والايدز بالاضافة الي مجموعة متنوعـــة مـــن امـــراض الجهـــاز الهضمي والتنفسي .

المواد العالقة المتطايرة Volatile Suspended Solids

هي جزء من المواد العالقة وهي تمثل الجزء العضوي الذي يتحلل تماما متحولا الي طاقة او الي كائنات حية جديدة

عندما توضع المواد العالقة التي تم تجفيفها في درجة ١٠٣ مئوية في فرن حـــرق درجـــة حرارته ٥٥٠ درجة مئوية ، فان جميع المواد العضوية تتطاير منها بـــالحرق ، وكميـــة المواد المتطايرة تحسب بالمليجرام في اللتر .

W

الحمأة المنصرفة Waste Activated Sludge

هي كمية الحمأة التي يراد التخلص منها نهائيا من قاع المروقات النهائية ، ويتخلص منها الي أحواض التجفيف أو الي وحدات معالجة الحمأة ، ويتم ذلك لكون هذه الحمأة ناتجة من تكاثر الكائنات الحية يكون عادة اكثر من الكمية المراد اعادتها لتنشيط أحواض التهوية .

الديدان Worms

وهي الكائنات الحيوانية الدقيقة الاكبر في الحجم والاكثر تعقيدا في تركيبها الخلـــوي مـــن البكتريا والفيروسات والطحالب داخل مياه الصرف، ويمكن رؤية العديـــد منهـــا بـــالعين المجردة ، وتتميز بقدرتها علي تمثيل الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة الي مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها أو تكسيرها ، كما ان دورة حياتها معقدة .

ANNEX

Wastewater analysis				
Parameter	Name	Unit	Analyzed for	Use
SS	Suspended Solids	mg /l	Inlet,PST, Outlet	Discharge regulation *Efficiency of treatment. *Estimation of sludge production.
VSS	Volatile suspended Solids	mg /l	Inlet	Estimation of sludge and biogas production
COD	Chemical Oxygen Demand	mg /l of O2	Inlet,PST, Outlet	Efficiency of the treatment.
BOD5	Biological Oxygen Demand	mg /l of O2	Inlet,PST, Outlet	Discharge regulation *Efficiency of treatment. *Estimation of sludge production.
COD, BOD5 2 h settled		mg /l of O2	Inlet	Maximum efficiency of primary settlement
COD, BOD5 soluble		mg /l of O2	Inlet	Efficiency of removing soluble BOD,COD
TKN,N-NH4	Total Nitrogen, Ammonia	mg /l of N	Inlet, Outlet	TKN= Norganic+ N-NH4
N-NO2	Nitrite	mg /l of N	Outlet	Normally low < 1 mg /l

N-NO3	Nitrate	mg /l of N	Outlet	a risk of floating of solids in FCT
P-PO4	Phosphate	mg /l of P	Inlet ,outlet	*Efficiency of phosphorous removal. *Nutrient ratio
O&G	Oils & Grease	mg /l	Inlet	Fatty part of the COD
S-	Sulphide	mg /l of S	inlet	*Safety *Biological treatment. * Corrosion
Res CL2	Residual chlorine	mg /l of Cl2	Outlet	Disinfection and Discharge regulation
Sludge analysis				
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids	g/l	Aeration Tank	Quality of sludge in the aeration tank
MLVSS	Mixed Liquor Volatile Suspended Solids	g/l		Volatile part of the sludge in the aeration tank
SV	Sludge Volume	ml/l		Abilty of sludge to settle
SVI	Sludge Volume Index	ml/g		
SS	Suspended Solids	g/l	Return/Waste Activated	Use to verify the

			Sludge	recirculation ratio
SS	Suspended Solids	g/l	Primary sludge	Primary sludge waste
DS	Dry Solids	g/l	Thickened sludge	Thickening efficiency
DS	Dry Solids	g/l	Floated sludge	DAF efficiency
DS	Suspended Solids	g/l	Digesters inlet and outlet	Organic load efficiency
VDS	Volatile Dry Solids	g/l		
Alkalinity		mg/l of $CaCO_3$	Digester	Follow-up of digesion
VFA	Volatile Fatty Acids	mg/l of CH_3COOH		
DS	Dry Solids	%	Dewatering	Regulation Dewatering efficiency

Some Useful Calculations

Concentrtions and mass Calculations

1 ppm = 1000 ppb (parts per billion) = 1 mg/kg (solid) = 1 mg/l (liquid)

1 ppm × 1/10000 = pecent

1 ppb = 1000 ppt (parts per trillion) = 1 μg/kg (solid) = 1 μg/l (liquid)

1 milligram (mg) = 0.001 gram and 1 kilogram (kg) = 1,000 grams

mg = milligrams (10^{-3} g)

μg = micrograms (10^{-6} g)

ng = nanograms (10^{-9} g)

pg = picograms (10^{-12} g)

μm = micrometer (10^{-6} m)

nm = nanometer (10^{-9} m)

1% = 10.000 mg/L

Ibs = mg /l × MGD × 8.34 Ib / gal

Concentration mg / l = pounds per day / flow (MGD) × 8.34 Ib/gal

Temperature

°C = 5/9 (°F – 32)

°F = (9/5 °C) + 32

Water Solids

Percent water + percent solids = 100 percent

Percent solids = 100 percent – percent water.

Flow Calculations

-Velocity ft/sec

= flow rate cu ft/ sec / cross section area sq ft

-V= Q/A

-Detention Time (minute) = Tank volume gal / flow rate GPM

-Discharge Time%

= (Discharge Time hr per day / Total Time hr per day) × 100

Solids Calculations

- Total Solids =

Total Dissolved Solids + Total Suspended Solids + Settable Solids

-Total Suspended Solids =

Volatile Suspended Solids + Non Volatile Suspended Solids

- Wt of non settlableSolids =

(Wt of Total Solids - Wt of dissolved Solids – Wt of settlable Solids)

- SS Removal % = (SS inlet – SS effluent / SS inlet) × 100

- Sedimentation Efficiency of PST=

(Inlet SS of PST - Outlet S.S of / Inlet SS of PST) × 100

Organic Load Calculations

- Waste Load % =

(Discharge waste load Ibs per day / Plant capacity Ibs per day) × 100

- Total BOD (mg/l)=

Carbonaceous BOD + Nitrogenous BOD

- BOD Removal %=

(BOD inlet – BOD effluent / BOD inlet) × 100

- COD Removal % =

(COD inlet – COD effluent / COD inlet) × 100

- Total Carbon =

Total Inorganic Carbon + Total Organic Carbon

- F /M = mass food in wastewater /mass of bacteria in aeration tank

Nitrogen Calculations

- Total Nitrogen = Kjedahl Nitrogen (mg/l) + Nitrite & Nitrate
- Kjedahl Nitrogen (mg/l) = Organic Nitrogen + Ammonia
- Total Organic Nitrogen = Nitrate -Nitrogen + Nitrite Nitrogen

Sludge Calculations

- SVI = Sludge volume / Mixed liquor Suspended Solids ml / g
- Sludge age, in days = VA / QC

Where. V = aerator volume, in million gallons;

A = average concentration of suspended solids in the aerator, in milligrams per liter;

Q = sewage flow, in million gallons per day;

C = suspended solids in primary tank effluent; in milligrams per liter.

- Percentage of return sludge = 100 / [100/ip) - 1]

Where i = sludge volume index;

p = percentage of solid in the mixed liquor.

Wastewater Balance

(Influent) + (Water added) = (Effluent) + (Water in sludge)

(Water In) = (Water Out) + (Water Consumption) + (Water Losses)

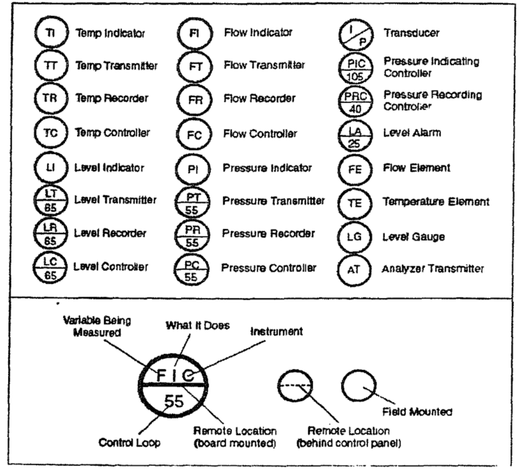
Wastewater Solids Balance

(S.S. in Influent) + (New Solids Made) = (Change in MLSS) + (Solids in Surplus Sludge) + (S.S. in Final Effluent)

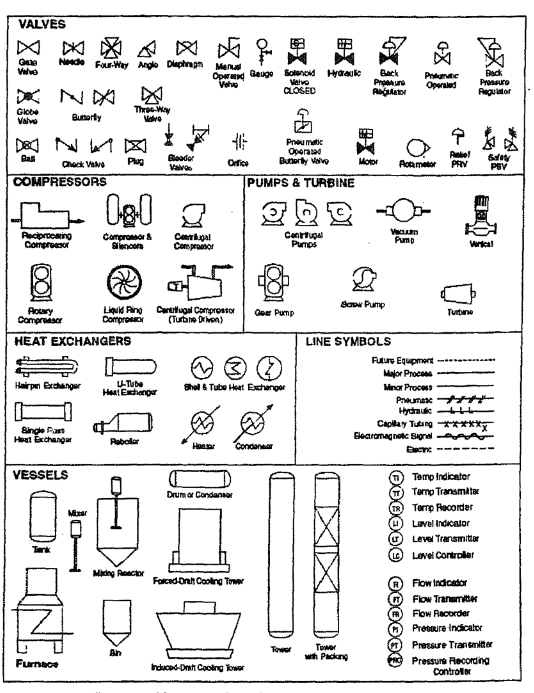
RO Caculations

- % Recovery =
Volume of Treated Water produced / Volume of Feed Water used

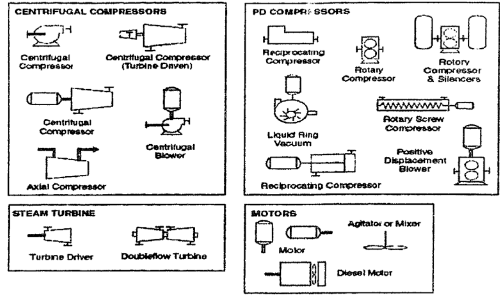
Water Treatment Legends



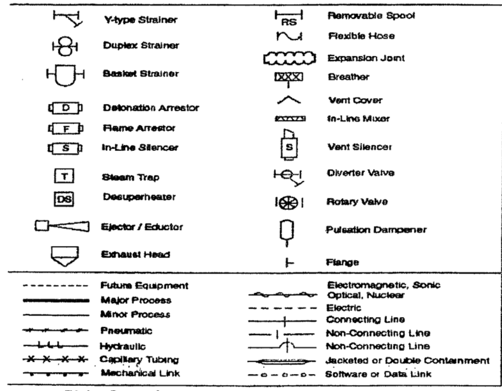
Process and Instrument Symbols



Process and Instrument Symbols



Compressors, Steam Turbines, and Motors



Piping Legends

المراجع العربية

١- المعالجة البيولوجية لمياه الصرف أحمد السروي الدار العلمية ٢٠٠٧.

٢- هندسة الصرف الصحي د/ محمد صادق العدوي - كلية الهندسة جامعة الأسكندرية٢٠٠٥ .

٣- موسوعة الهندسة الصحية د/ محمد علي علي فرج١٩٨٥.

٤- قانون البيئة بجمهورية مصر العربية لسنة ١٩٩٤ .

٥- دراسات المجالس القومية المتخصصة شعبة البيئة .

٦- الجهاز التنفيذي لمشروع الصرف الصحي للقاهرة الكبري " برنامج التدريب تنقية المجاري والصرف الصحي "

٧- "الموسوعة العربية العالمية"، مؤسسة أعمال الموسوعة للنشر والتوزيع، ط٢ ١٩٩٩م.

٨- دليل التحاليل اللازمة لمياه الصرف الصحي اكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا مجلس بحوث البيئة ١٩٩٩ م .

٩- معالجة مياه الفضلات الصناعية أ.د احمد فيصل اصفري مؤسسة الكويت للتقدم العلمي ١٩٩٩ م .

١٠- محاضرات م صفوان الأخرس في التظاهرات والدورات التدريبية العلمية والهندسية في -الادارة البيئية للمخلفات السائلة ومعالجة مياه الصرف الصناعي والصحي.

١١- التلوث الفيزيائي والكيميائي للبيئة المائية أحمد السروي ٢٠٠٧ الدار العلمية.

١٢- الكيمياء البيئية أحمد السروي ٢٠٠٨ الدار العالمية.

References

1-Metcalf and Eddy, Inc., Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. New York, McGraw Hill,: 2002.

2- Hand Book of Water and Wastewater Treatment Technologies Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D.N&P Limited 2002.

3- Wastewater treatment plants: planning, design and operation. c2 ed. Lancaster, Pensylvania Technomic Publishing Company,1999.

4-Water and Wastewater Laboratory Techniques, 1995, Water Environment Federation, 1-800-666-0266, publication number P15124GC.

5- Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, USEPA 1989, PB297451, 1-800-553-6487.

6- Qasim, S.R., Wastewater treatment plants: planning, design and operation. c2 ed. Lancaster, Pensylvania Technomic Publishing Company,1999.

7- Quality system guidelines for laboratories to develop high quality Professional work. www.ifbsl.org

8- Instrumentation in wastewater treatment facilities. Manual of practice No. 21. Virginia, Water ،H. D. Gilman et al Environment Federation, 1993.

9-Vermont Department of Environmental Conservation Quality Assurance Guidelines for Wastewater Treatment Facility Laboratories Andrew Fish. C.E.T. 1999.

10-Manual of Ohio EPA Surveillance Methods and Quality Assurance Practices 2003 State of Ohio Environmental Protection Agency.

11-Water environment Federation (WEF) and American Society of Civil Engineers (ASCE), Design of municipal wastewater treatment plants (Volume 1), WEF Manual of Practice No.8 and ASCE Manual and Report on Engineering Practice No 76, Vermount, Book Press, Inc., 1992.

12-Droste, R.L .Theory and practice of water and wastewater treatment. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1996.

13- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20 Ed.

14-Microbial Pathogens in Wastewater .Simon Toze – Technical report No 1/97 June 1997.

15- National Research Council, Ground water recharge using Waters of impaired quality. Washington, D.C., National Academies Press, 1994.

16- Reed, S.C., Middlebrooks, E.J.and Crites, R.W ،.Natural systems for waste management and treatment New York, McGraw Hill., 1988.

فهرس الكتاب

الباب الثاني

عمليات المعالجة الفيزيائية لمياه الصرف

الباب الثالث

عمليات المعالجة الكيميائية لمياه الصرف

الباب الرابع

المعالجة الفيزيائية والكيميائية للرواسب الصلبة (الحمأة)

الباب الخامس

تطبيقات عمليّات المعالجة

الباب السادس

إدارة مياه الصرف المعالجة

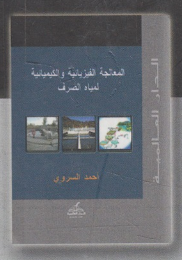
الباب السابع

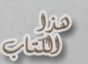
التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف

الباب الثامن

قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي

مطابع الدار الهندسية/القاهرة
تليفاكس: ٣٥٤٠٢٥٩٨ محمول ٠١٢٢٢٣٤٩٠١١





تعد مياه الصرف الصحي أحد انواع المياه الملوثة الناتجة عن أنشطة الأنسان المختلفة واستعمالاته المتعددة للماء في كثير من الاغراض .

وتعد معالجة مياه الصرف معالجة جيدة وفعالة من أهم وسائل وطرق حماية البيئة المائية والارضية من التلوث اذ توفر المعالجة العلمية الصحيحة التخلص الآمن والصحيح لها وإعادة تدويرها بأمان داخل المنظومة البيئية وتحقق سلامة الأنسان والحفاظ علي بيئته وصحته.

ومن هذا المنطلق جاء موضوع هذا الكتاب الذي يتناول عمليات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف باسلوب علمي شارحا لكثير من نظم المعالجة الحديثة لمياه الصرف والرواسب الصلبة (الحمأة) الناتجة عن عمليات المعالجة ، ووسائل التحكم في وحدات المعالجة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف ، ومبينا إدارة مياه الصرف المعالجة والمجالات المختلفة لاستخدام مياه الصرف المعالجة والاستفادة منها. بالإضافة إلي تناول موضوع هام وهو قواعد السلامة والامن داخل محطات معالجة مياه الصرف.

نرجو الله سبحانه وتعالي ان يكون هذا الكتاب اسهاما متواضعا في نشر الاهتمام بالعلم في بلادنا ، حيث أن المكتبة العربية بحاجة ماسة إلي كتاب عربي علمي يجذب القارئ للاستزادة والتوسع في العلوم الأساسية والهندسية ، وأن يكون حافزا لمزيد من اصدار ونشر كثير من الكتب العلمية والتراجم باللغة العربية إسهاما منا في نشر الثقافة العلمية في بلادنا التي هي في أمس الحاجة للتقدم العلمي والتقني.



الناشر

١١١ شر الملك فيصل /برج مصر الخليج ناصية شر المستشفى
ت:٣٧٤٤٦٤٣٨-٣٧٤٤٦٣٢٤ ف:٣٧٧١٩٨٩٩
e-mail; daralaalmiya@hotmail.con